



Pêches et Océans
Canada

Fisheries and Oceans
Canada

Sciences

Science

Golfe, Centre et Arctique, Maritimes,
Terre-Neuve-et-Labrador, Québec

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Avis scientifique 2013/078

ÉVALUATION DU POTENTIEL DE RÉTABLISSEMENT DE L'ANGUILLE D'AMÉRIQUE (*Anguilla rostrata*) DANS L'EST DU CANADA



Crédit pour l'illustration : US Fish and Wildlife Service



Figure 1. Zones d'évaluation du potentiel de rétablissement de l'anguille d'Amérique dans l'est du Canada. Les limites des zones intérieures suivent les limites des bassins hydrographiques et les limites extérieures suivent l'isobathe de 500 m.

Contexte :

L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) est une espèce très répandue en eau douce, en milieu estuarien et dans les régions côtières protégées de l'est du Canada (y compris le lac Ontario et le haut fleuve Saint-Laurent). C'est une espèce catadrome facultative, qui fraie dans la mer des Sargasses et qui, pendant les stades de recrutement, retourne dans les eaux continentales de la côte ouest de l'océan Atlantique Nord pour croître et se développer. En avril 2012, le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a conclu que l'anguille d'Amérique de l'est du Canada appartenait à une unité désignable et a évalué sa situation en tant qu'espèce menacée en raison du déclin dans les indices de l'abondance pour au moins les deux dernières générations.

On envisage maintenant de procéder à l'inscription légale de l'anguille d'Amérique sur la liste en vertu de la Loi sur les espèces en péril (LEP; la Loi). Avant de prendre une décision concernant l'inscription, le Ministère des Pêches et des Océans (MPO) entreprend une évaluation du potentiel de rétablissement (EPR). La présente évaluation du potentiel de rétablissement résume la compréhension actuelle de la répartition, de l'abondance et des tendances des populations de l'anguille d'Amérique, ainsi que les cibles et les calendriers de rétablissement. L'état actuel des connaissances concernant les besoins de l'habitat, les menaces, tant à l'habitat qu'à l'anguille d'Amérique, ainsi que les mesures visant à atténuer ces incidences sont également inclus. Ces renseignements peuvent servir à éclaircir des éléments, autant scientifiques que socio-économiques, de la décision concernant l'inscription, de l'élaboration d'une stratégie et d'un plan d'action de rétablissement, ainsi qu'à appuyer la prise de décisions en ce qui a trait à la délivrance de permis, aux ententes et aux conditions connexes de la Loi.

L'examen scientifique par les pairs de l'évaluation du potentiel de rétablissement a été réalisé du 11 au 14 juin 2013, à Ottawa (Ontario). Parmi les participants à la réunion d'examen par les pairs, il y avait le secteur des Sciences de Pêches et Océans Canada, Gestion des écosystèmes et des pêches de Pêches et Océans Canada des régions Centre et Arctique, Québec, Golfe, Maritimes et Terre-Neuve-et-Labrador, des experts externes des universités et des États-Unis, des groupes autochtones, les provinces de l'Ontario et du Québec, l'industrie de la pêche et l'industrie de l'hydroélectricité.

SOMMAIRE

- L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) est une espèce panmictique qui fraie dans la mer des Sargasses, où se regroupe un bassin hétérogène de reproducteurs provenant de toutes les zones de l'aire de répartition de l'espèce.
- Les tendances des indices soutiennent la conclusion du COSEPAC selon laquelle il y a eu une diminution de l'abondance de l'anguille d'Amérique pendant les 32 dernières années, les déclinés les plus importants ayant été observés dans le bassin du Saint-Laurent et plus spécialement dans le lac Ontario. Certains indicateurs montrent une amélioration récente (16 ans) de l'abondance, qui reste encore à se manifester en amélioration des indices des stocks actuels.
- Les anguilles utilisent un éventail varié d'habitats, notamment des habitats d'eau douce fluviaux et lacustres, d'eau saumâtre et d'eau salée. Aux États-Unis et au Canada, l'accès aux habitats d'eau douce a été réduit, principalement à cause de la construction de grands barrages qui ne sont pas dotés de passes à poisson ou dont les installations ne permettent pas un passage adéquat de l'anguille d'Amérique.
- Aux niveaux d'abondance actuels, il est peu probable que la disponibilité de l'habitat limite actuellement la production d'anguilles sur de vastes échelles spatiales. Au fur et à mesure que la population d'anguilles croît et se rétablit, la restauration de l'accès aux habitats sera probablement nécessaire pour atteindre les objectifs d'abondance à long terme.
- Les cibles de rétablissement pour la répartition et l'abondance sont définies pour les échéanciers à court terme (environ une génération, 16 ans), à moyen terme (environ trois générations, 50 ans) et à long terme.
- L'objectif de répartition à court terme est de s'assurer qu'il n'y ait pas d'autres pertes d'habitats accessibles et de fournir une passe à poisson sécuritaire pour les zones rendues inaccessibles dans les 16 dernières années. Globalement, dans l'est du Canada, l'objectif de répartition à court terme a peut-être été atteint, mais l'objectif à moyen terme d'améliorer le passage à poisson et l'accès à des zones de production équivalentes à celles perdues pendant les trois dernières générations n'a pas été atteint.
- La cible d'abondance à court terme, consistant à mettre fin au déclin et à démontrer des augmentations des indices, a été atteinte pour le stade biologique du recrutement, mais cette augmentation du recrutement ne s'est pas encore manifestée dans des améliorations des indices de la biomasse. Pour l'abondance, les cibles de rétablissement à moyen terme sont les valeurs moyennes des indices pour la période de 1981 à 1989. Au Canada, globalement, les cibles de rétablissement à moyen terme n'ont pas été atteintes pour tous les stades biologiques.
- Les menaces évaluées à un niveau de préoccupation moyen ou élevé qui sont communes à la plupart des régions administratives de l'est du Canada comprennent les pêches commerciales aux grandes anguilles et les menaces associées aux obstructions physiques (pertes et fragmentations des habitats).
- Il existe des mesures d'atténuation et de substitution concernant les activités actuelles considérées comme des menaces à l'anguille d'Amérique.
- Les dommages admissibles maximums que l'espèce peut tolérer sans que sa survie ou son rétablissement soit compromis ne peuvent pas être mesurés adéquatement en raison des limites des modèles de population, du manque de données quantitatives sur l'abondance et les caractéristiques du cycle biologique et des incertitudes au sujet de la dynamique des populations de cette espèce.

- On ne connaît toujours pas les processus qui déterminent le recrutement dans les eaux continentales aux premiers stades biologiques, dont l'éclosion, la croissance et la dispersion à partir des lieux de ponte dans la mer des Sargasses.
- Les incertitudes les plus importantes dans l'évaluation du potentiel de rétablissement sont liées à la façon dont les tendances et indices régionaux liés au recrutement, à la biomasse et à la production de l'anguille argentée dépendent du nombre total de reproducteurs de toute l'espèce par rapport à la production de reproducteurs provenant de chaque région.
- Les trous d'hivernage utilisés par les anguilles dans certaines régions de l'est du Canada peuvent correspondre à la définition de résidence aux termes de la Loi.
- Des efforts de surveillance et d'évaluation coordonnés à l'échelle de l'espèce seraient utiles à l'évaluation de la situation de l'anguille d'Amérique. Cela exigerait une coordination avec les États-Unis et les pays des Antilles.

INTRODUCTION

Justification de l'évaluation

Le Comité sur la situation des espèces en péril au Canada (COSEPAC) a conclu que l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*) de l'est du Canada constituait une unité désignable et a évalué sa situation en tant qu'espèce menacée en raison des déclin des indices de l'abondance de jusqu'à 99 % dans certains secteurs durant les deux dernières générations (COSEPAC 2012). Quand le COSEPAC désigne une espèce aquatique comme étant menacée ou en voie de disparition, le ministre des Pêches et des Océans du Canada doit prendre un certain nombre de mesures aux termes de la *Loi sur les espèces en péril* (LEP; la Loi). Bon nombre de ces mesures nécessitent la collecte d'information scientifique sur la situation actuelle de l'unité désignable, les menaces qui pèsent sur sa survie et son rétablissement ainsi que la faisabilité de son rétablissement. Le présent avis scientifique est formulé dans le cadre d'une évaluation du potentiel de rétablissement (EPR). Ces renseignements et l'avis scientifique fourni dans le présent document peuvent servir à éclaircir des éléments, autant scientifiques que socio-économiques, de la décision concernant l'inscription, de l'élaboration d'un programme de rétablissement et d'un plan d'action, ainsi qu'à appuyer la prise de décisions en ce qui a trait à la délivrance de permis, aux ententes et aux conditions connexes de la Loi.

Biologie et écologie de l'espèce

L'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata* Lesueur, 1817) est la seule espèce de la famille des anguillidés qui est présente dans les cours d'eau douce et les eaux continentales de l'est de l'Amérique du Nord (Scott et Scott 1988). L'espèce la plus étroitement liée, l'anguille européenne (*Anguilla anguilla*) est présente dans les eaux continentales de l'est de l'océan Atlantique Nord. La terminologie relative aux cycles biologiques de l'anguille établit des différences entre les stades selon les profils de migration et les caractéristiques morphologiques (COSEPAC 2012) (figure 2; tableau 1 de l'annexe).

L'anguille d'Amérique a acquis au cours de son évolution un certain nombre de caractéristiques du cycle biologique qui la distinguent collectivement de la majorité des espèces de poissons de l'est du Canada. L'anguille d'Amérique est un poisson catadrome facultatif (pas obligatoire) qui se reproduit en eau salée mais qui peut croître en eau douce, en eau saumâtre ou dans les eaux marines à proximité des côtes. C'est un poisson benthique pendant la majeure partie de sa vie, à l'exception de la migration de reproduction, de la reproduction et des premiers stades

biologiques qui ont lieu en haute mer. L'anguille d'Amérique est sémelipare, c.-à-d. que tous les adultes fraient une seule fois et meurent après le frai.

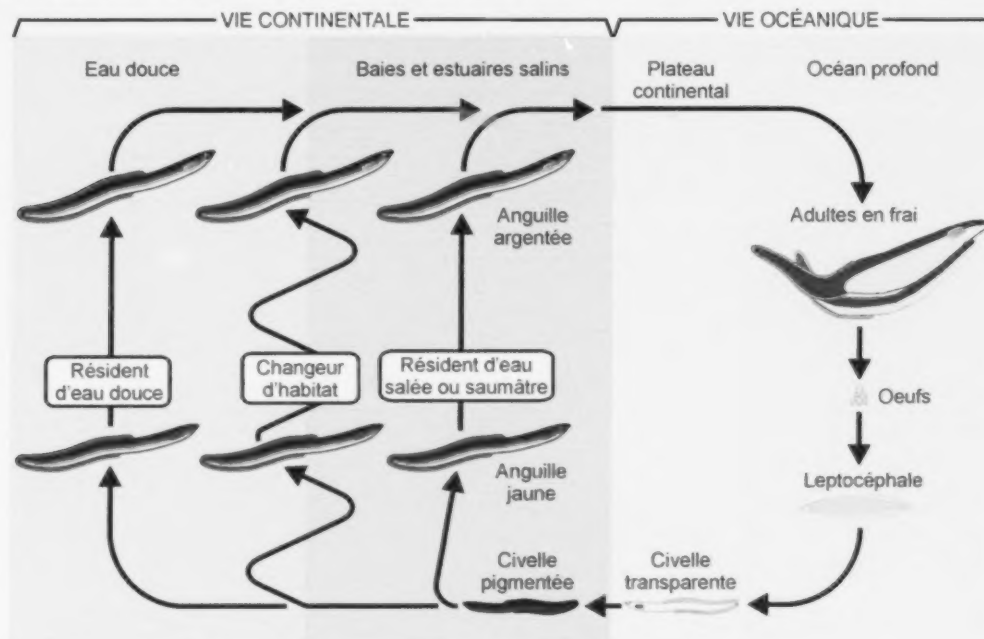


Figure 2. Schéma général du cycle biologique de l'anguille d'Amérique.

L'anguille d'Amérique est une espèce panmixte, la panmixie faisant allusion au fait que la reproduction est aléatoire et ne tient pas compte du lieu d'origine géographique des parents dans toute l'espèce. Côté *et al.* (2013) ont mené une étude approfondie sur les caractéristiques des marqueurs génétiques neutres de l'anguille d'Amérique et ont signalé l'absence de données établissant une différenciation spatiale ou temporelle importante. Même si aucune variation géographique des marqueurs génétiques neutres n'a été observée chez l'anguille d'Amérique, il y a une variation importante des traits phénotypiques pour cette espèce (Jessop 2010; Velez-Espino et Koops 2010). Gagnaire *et al.* (2012) ont signalé des différences génétiques locales entre les civelles (transparentes) provenant de différents lieux d'échantillonnage de l'est de l'Amérique du Nord et ont formulé l'hypothèse portant que ces différences génétiques étaient générées par une sélection variable dans l'espace liée aux variations de température de la surface de la mer quand les civelles (transparentes) font leur entrée dans les eaux continentales. La panmixie n'empêche pas la sélection variable dans l'espace au sein d'une seule génération. Ces conclusions contribuent à une nouvelle interprétation selon laquelle les variations géographiques des phénotypes de l'anguille d'Amérique sont dues, au moins en partie, à la sélection au sein d'une génération, les effets génétiques de cette sélection étant dilués à chaque événement de reproduction.

On ne comprend pas tout à fait la détermination du sexe chez l'anguille. À la naissance, les anguilles sont indifférenciées et leur sexe est défini au stade de l'anguille jaune, quand l'animal atteint une taille de 20 à 35 cm. La détermination du sexe semble être influencée par la densité, les densités élevées favorisant les mâles. Cependant, des expériences de transfert ont montré que le lieu de capture aux stades de civelle (transparente) ou de civelle pigmentée et les densités des installations où les individus se trouvaient avant le transfert peuvent aussi influencer le sex-ratio.

ÉVALUATION

Zones d'évaluation du potentiel de rétablissement

Aux fins de l'évaluation du potentiel de rétablissement, les habitats d'eau douce, côtier et du plateau continental de l'anguille d'Amérique dans l'est de l'Amérique du Nord sont divisés en sept zones réparties entre le détroit de Belle Isle et la pointe sud des Keys de la Floride (figure 3). L'habitat au nord (Labrador, Groenland) est exclu en raison du manque d'information et parce que les anguilles sont considérées comme étant peu abondantes ou rares dans ces secteurs. L'habitat au sud (golfe du Mexique et mer des Caraïbes) est aussi exclu en raison du manque de données pertinentes.

Les limites intérieures des sept zones sont les limites de la zone de bassin hydrographique de l'océan Atlantique, y compris les bassins hydrographiques qui se jettent dans le golfe du Saint-Laurent. Comme les chutes Niagara sont la limite naturelle des anguilles dans le bassin du Saint-Laurent, la limite de la zone du bassin du Saint-Laurent est considérée comme étant la limite des bassins hydrographiques en aval des chutes Niagara. Du côté de l'océan, les sept zones sont limitées par le contour de 500 mètres de profondeur qui suit le bord du plateau continental. Les limites entre les zones ont été définies par une combinaison de considérations biologiques et de gestion. Le bassin du Saint-Laurent (SL) inclut les bassins hydrographiques en aval des chutes Niagara, jusqu'à la limite inférieure de l'estuaire moyen du Saint-Laurent. La zone du nord du golfe du Saint-Laurent et de Terre-Neuve-et-Labrador (NG) regroupe les bassins versants du golfe du Saint-Laurent, l'île de Terre-Neuve et Saint-Pierre et Miquelon (France). La zone du sud du golfe du Saint-Laurent (SG) comprend l'Île-du-Prince-Édouard et les bassins hydrographiques du sud du golfe du Saint-Laurent qui sont le Nouveau-Brunswick et la Nouvelle-Écosse. La zone Scotia-Fundy (SF) inclut les bassins versants du Nouveau-Brunswick et de la Nouvelle-Écosse qui se déversent dans l'océan Atlantique et la baie de Fundy et les bassins versants du Québec et du Maine qui rejoignent la baie de Fundy par la rivière Saint-Jean. La zone de la côte est de l'Atlantique Nord (AN) comprend les bassins versants du Maine, du New Hampshire, du Vermont, du Rhode Island, du Connecticut et de New York de même qu'une petite zone du Québec qui se déverse dans l'Atlantique par la rivière Connecticut. La zone de la côte centrale de l'Atlantique (AC) comprend les bassins versants du New Jersey, de la Pennsylvanie, du Delaware, du Maryland, du district fédéral du Columbia et de la Virginie qui se déversent dans l'océan Atlantique. La zone de la côte sud de l'Atlantique (AS) comprend les bassins versants de la Caroline du Nord, de la Caroline du Sud, de la Georgie et de la Floride qui se déversent dans l'océan Atlantique.



Figure 3. Zones définies pour l'évaluation du potentiel de rétablissement de l'est du Canada et des États-Unis servant à résumer les caractéristiques biologiques et les caractéristiques du cycle vitale de l'anguille d'Amérique.

Paramètres du cycle biologique

Essentiellement, les caractères moyens des paramètres démographiques utilisés dans la modélisation de la population ont été regroupés à partir de la documentation et de données inédites (Cairns *et al.* 2014). Suivant l'approche proposée par Velez-Espino et Koops (2010), on a examiné les liens entre les paramètres démographiques et les variations clinales (latitude et distance par rapport au lieu de ponte). Quand les analyses ont permis d'identifier des liens statistiques importants, ces liens ont été utilisés pour attribuer des valeurs de paramètre démographique aux zones d'évaluation du potentiel de rétablissement, selon la latitude moyenne de la zone (tableau 1).

La longueur moyenne des civelles (transparentes ou pigmentées) qui arrivent aux côtes est positivement associée à la latitude (figure 4).

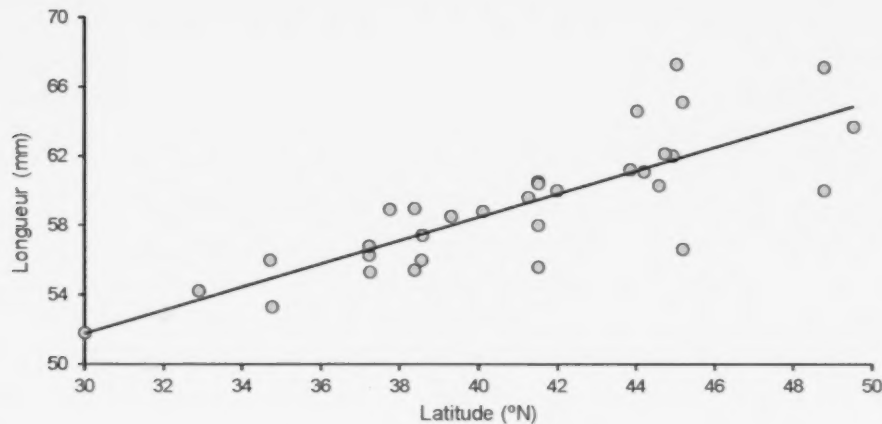


Figure 4. Lien entre la longueur totale moyenne des civelles de l'anguille d'Amérique et la latitude (°N) à l'endroit de l'échantillonnage. La relation linéaire est significative ($P < 0,001$) et la latitude explique 67 % de la variation de la longueur moyenne des civelles.

On a observé une grande variabilité entre individus de la taille à la maturité des anguilles (figure 5). Au moins dans les zones du nord, les anguilles prélevées en eau salée ont une taille à la maturité plus grande que les anguilles prélevées en eau douce. Le nuage des points de la taille de la maturité des individus forme une asymptote à l'extrémité droite du graphique. Comme la maturation et la migration de reproduction des anguilles sont déterminées par la taille plutôt que par l'âge, les anguilles dont la croissance est plus lente mettent plus de temps à atteindre la maturité et les anguilles les plus âgées sont représentées par les individus dont la croissance a été la plus lente.

Les associations entre la taille, l'âge et le taux de croissance des anguilles argentées comportent des discontinuités entre les zones situées au sud du détroit de Cabot et les zones plus au nord et à l'ouest (figure 6; tableau 1). Au stade d'anguille argentée, la taille des femelles (de 50 à 100 cm environ) est plus grande que celle des mâles (33 à 40 cm). Pour les femelles comme pour les mâles, la taille au stade d'anguille argentée variait peu en fonction de la latitude au sud du détroit de Cabot. La taille au stade d'anguille argentée des femelles était la plus grande dans les zones au nord et à l'ouest du détroit de Cabot, qui reflète la grande taille des anguilles femelles du bassin du Saint-Laurent. Pour les femelles comme pour les mâles, la taille au stade d'anguille argentée augmentait avec la latitude alors que les taux de croissance diminuaient avec la latitude dans les zones au sud du détroit de Cabot.

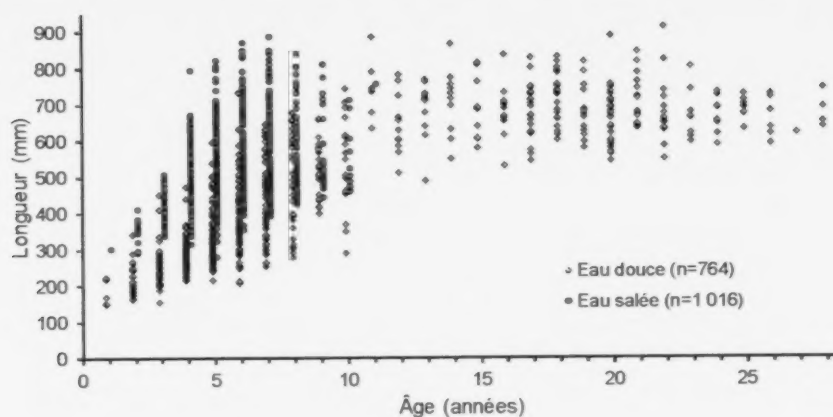


Figure 5. Graphique en nuage de la longueur totale (mm) par rapport à l'âge (années) des anguilles d'Amérique prélevées dans les eaux douces et les eaux salées du sud du golfe du Saint-Laurent.

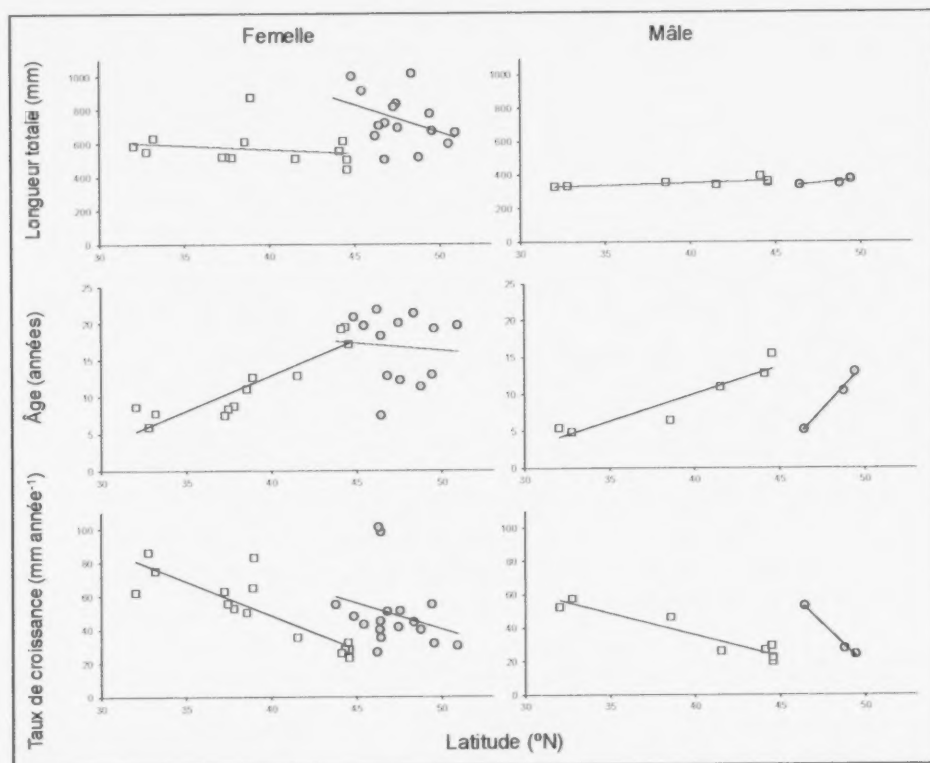


Figure 6. Les associations linéaires de la longueur totale (rangée du haut), de l'âge (rangée du milieu) et du taux de croissance (rangée du bas) selon la latitude des anguilles d'Amérique femelles (panneaux de gauche) et mâles (panneaux de droite) au stade d'anguille argentée. Les cercles grisés représentent les zones nord et ouest du détroit de Cabot (fleuve Saint-Laurent, golfe et Terre-Neuve-et-Labrador) et les carrés vides représentent les zones de la côte de l'Atlantique au sud du détroit de Cabot. Les lignes montrent les associations linéaires pour les zones au nord et à l'ouest du détroit de Cabot et les zones au sud du détroit de Cabot.

À la naissance, les anguilles sont de sexe indifférencié, et elles deviennent mâle ou femelle quand elles atteignent une taille entre 200 et 350 mm. Les mâles sont rares aux latitudes nordiques (0 % dans le bassin du Saint-Laurent, 4,6 % dans le nord du golfe du Saint-Laurent et à Terre-Neuve-et-Labrador, 1,5 % dans le sud du golfe du Saint-Laurent) (figure 7). Au sud du détroit de Cabot, le pourcentage de mâles varie entre 0 % à près de 100 % sans suivre une tendance géographique (figure 7). Dans l'ensemble, le pourcentage moyen de mâles est semblable dans les sites d'eau douce (18,7 %) et d'eau salée (19,4 %). Pour la modélisation de la population, le sex-ratio utilisé pour chaque zone est le sex-ratio moyen mesuré pour ces zones (tableau 1).

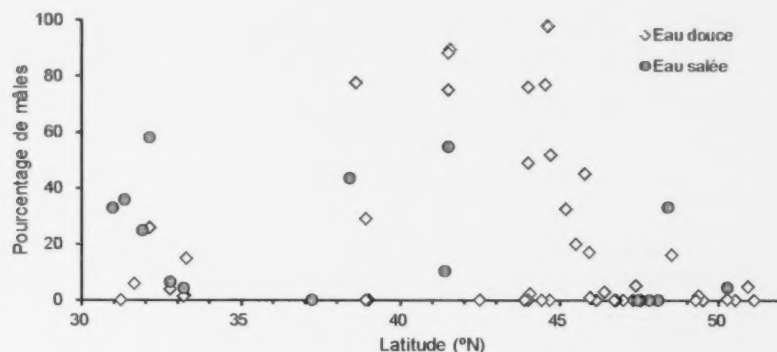


Figure 7. Pourcentage des échantillons d'anguilles d'Amérique prélevées dans des habitats d'eau douce et d'eau salée qui ont été identifiées comme des mâles par rapport à la latitude où l'échantillon a été prélevé.

On a calculé les liens fécondité-taille pour deux sites du bassin du Saint-Laurent, deux sites du nord du golfe du Saint-Laurent et Terre-Neuve-et-Labrador, et un site du sud du golfe du Saint-Laurent, du nord de la côte de l'Atlantique et de la côte centrale de l'Atlantique. Dans le fleuve Saint-Laurent et le nord et le sud du golfe, la fécondité moyenne des anguilles échantillonnées allait de 6,5 millions d'œufs pour les anguilles dont la longueur moyenne était de 69 cm (Long Pond, Î.-P.-É.) à 14,5 millions d'œufs pour les anguilles dont la longueur moyenne était de 100 cm (barrage Iroquois, fleuve Saint-Laurent). Pour la modélisation de la population, la fécondité a été estimée à l'aide des données disponibles pour la zone la plus proche (tableau 1).

Bevacqua et al. (2011) a élaboré des équations pour estimer la mortalité naturelle de l'anguille européenne en fonction de la masse corporelle, du sexe, de la productivité relative de l'habitat et de la température annuelle moyenne de l'eau. En l'absence d'une méthodologie fiable applicable spécialement à l'anguille d'Amérique, les équations de Bevacqua et al. (2011) ont été utilisées pour estimer les mortalités naturelles selon l'âge. La mortalité naturelle varie de façon inversement proportionnelle à la taille, et la mortalité naturelle des anguilles mâles est légèrement inférieure à celle des anguilles femelles de taille semblable. La mortalité naturelle dans les zones du sud est beaucoup plus élevée que celle des zones du nord en raison des températures plus élevées de l'eau dans les secteurs du sud (figure 8, tableau 1).

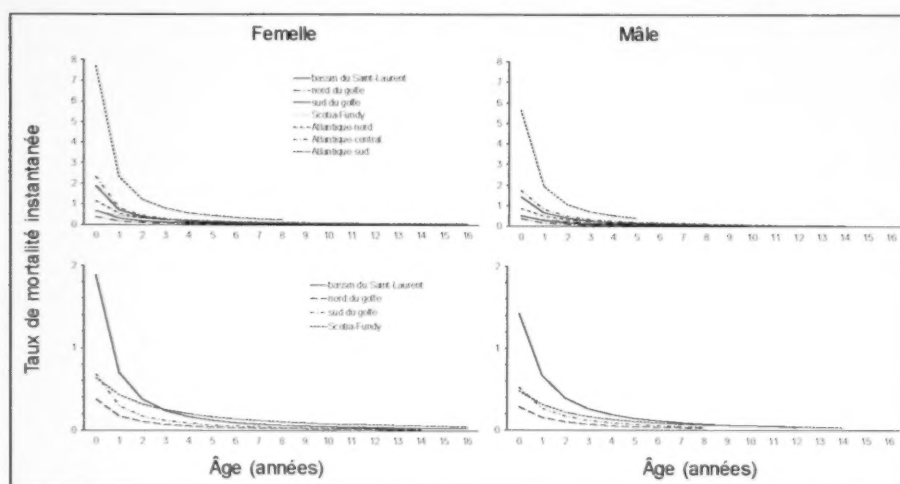


Figure 8. Taux de mortalité naturelle instantanée selon l'âge (année) d'anguille d'Amérique femelles (panneaux de gauche) et mâles (panneaux de droite) pour sept zones d'évaluation du potentiel de rétablissement (rangée du haut) et plus spécialement pour les quatre zones d'évaluation du potentiel de rétablissement de l'est du Canada (rangée du bas), selon les équations prédictives de Bevacqua et al. (2011). Dans ce calcul, l'âge 0 équivaut à l'âge à l'arrivée dans les eaux continentales au stade de civelle (transparente ou pigmentée).

Les anguilles ont un corps fin et allongé, ce qui fait que leur poids par rapport à la taille est faible. La relation taille-poids varie d'une zone géographique à l'autre. Une anguille d'une longueur totale de 50 cm a un poids prévu allant d'un peu plus de 200 g pour le bassin du Saint-Laurent à plus de 250 g pour la zone du sud des États-Unis. Les anguilles les plus longues et les plus lourdes sont observées dans le bassin du Saint-Laurent, où une anguille d'une longueur totale de 100 cm peut peser entre 2,6 et 4,8 kg.

Aire de répartition et tendances actuelles et historiques

L'anguille d'Amérique a une vaste aire de répartition géographique. Les stades du frai, de l'œuf, de la larve et le stade initial de civelle (transparente) se distribuent en haute mer, alors que les anguilles en phase de croissance se trouvent dans les systèmes côtiers, d'eau saumâtre et d'eau douce du Venezuela jusqu'au Groenland (figure 9; tableau 1 de l'annexe).

L'aire de répartition indigène de l'anguille d'Amérique est la limite continentale nord du Groenland; on a signalé la présence d'anguilles hybrides d'Amérique-européenne en Islande. En Amérique du Nord, on trouve des anguilles au nord jusqu'au Labrador et le long de la côte est de l'Amérique du Nord. Le long du golfe du Mexique et dans la mer des Caraïbes, l'anguille d'Amérique est très répandue, mais répartie de façon sporadique, des États-Unis jusqu'au Venezuela, et notamment dans la plupart des îles des Antilles. Dans l'est de l'Amérique du Nord, les anguilles sont généralement présentes dans les zones côtières et les bassins hydrographiques, sont moins souvent vues dans le bassin du fleuve Mississippi et rarement dans d'autres zones plus à l'ouest. L'anguille d'Amérique n'est pas présente dans l'océan Pacifique.

La carte de l'aire de répartition de la figure 9 inclut les zones en eau douce occupées par l'anguille. Dans les rivières, des obstacles naturels et artificiels entravent souvent la montaison des anguilles, mais seuls les grands barrages et les chutes empêchent totalement la montaison. Dans l'est de l'Amérique du Nord, de nombreuses rivières présentent une succession d'obstacles artificiels et parfois naturels entre l'embouchure et le cours supérieur d'une rivière.

Dans de tels bassins, les anguilles arriveront peut-être quand même à coloniser les cours supérieurs, mais il n'y aura qu'une petite fraction des individus qui seraient présents comparativement qu'en absence des obstacles. Quoi qu'il en soit, les zones des cours supérieurs de ces rivières font partie de l'aire de répartition de l'espèce. Par conséquent, les cartes de l'aire de répartition devraient être interprétées comme représentant l'ensemble de la zone où on a trouvé des anguilles, même s'il est très rare que des anguilles se rendent dans ces zones (figure 9).

Tableau 1. Résumé des caractéristiques géographiques des zones d'évaluation du potentiel de rétablissement et des caractéristiques du cycle biologique de l'anguille d'Amérique par zone d'évaluation du potentiel de rétablissement. Pour les zones autres que le bassin du Saint-Laurent, la latitude et la distance par rapport au lieu de ponte sont mesurées en suivant la ligne de côte d'eau salée de la zone. Les températures de l'eau sont fournies pour les latitudes moyennes, minimales et maximales de chaque zone. Le lieu de ponte est centré sur la position de latitude 25.08°N et de longitude 68.08°O.

	Bassin du Saint- Laurent (SL)	Nord du golfe et Terre- Neuve-et- Labrador (NG)	Sud du golfe (SG)	Scotia- Fundy (SF)	Côte nord de l'Atlantique (AN)	Côte centrale de l'Atlantique (AC)	Côte sud de l'Atlantique (AS)
Latitude (°N) moyenne (min. à max.)							
	45,35 43,9 à 46,8	49,05 46,6 à 51,5	46,85 45,6 à 48,1	45,20 43,4 à 47,0	42,85 40,5 à 45,2	38,55 36,6 à 40,5	30,40 24,2 à 36,6
Distance moyenne (min. à max.) de la mer des Sargasses (km)							
	5 380 5 100 à 5 660	4 410 3 860 à 4 960	4 325 4 000 à 4 650	3 550 3 100 à 4 000	2 700 2 200 à 3 200	2 050 1 900 à 2 200	1 665 1 430 à 1 900
Moyenne (min à max.) annuelle de la température de l'eau (°C)							
	9,6 8,6 à 14,1	5 6 à 4	7,0 7 à 7	7,0 7 à 7	10 12 à 8	13,5 15 à 12	20,8 26,5 à 15
Longueur moyenne au stade civelle (mm)							
	63,0	64,5	63,1	62	60,4	57,5	52
Longueur moyenne des anguilles argentées (cm)							
Femelles	90,2	71,8	70,2	57	57	57	57
Mâles	absent	34,3	33,3	34,9	34,9	34,9	34,9
Âge moyen des anguilles argentées (années)							
Femelles	20,9	15,7	15,3	20,3	14,3	9,7	7,0
Mâles	9,5	9,5	9,5	15,8	10,8	6,9	4,7
Taux de croissance moyen (longueur moyenne des anguilles argentées – longueur moyenne des civelles) / âge moyen des anguilles argentées (mm par année)							
Femelles	49,3	49,3	49,3	19,3	43,1	61,4	72,2
Mâles	34,9	34,9	34,9	21,8	28	39,4	60,9
Pourcentage de mâles							
	0	4,6	1,5	10,1	44,7	29,1	13,0
Poids moyen prédit d'une anguille mesurant 50 cm (g)							
	202	227	218	229	215	249	251
Fécondité prédite (selon la longueur moyenne des anguilles argentées femelles) (millions d'œufs)							
	13,2	7,4	6,6	4,5	2,9	1,1	1,1
Mortalité naturelle instantanée prédite selon l'âge (femelles; mâles)							
Moins de 1 an	1,89; 1,43	0,38; 0,29	0,68; 0,52	0,64; 0,48	1,14; 0,86	2,32; 1,74	7,71; 5,65
Âge 3	0,24; 0,27	0,07; 0,08	0,12; 0,12	0,25; 0,17	0,22; 0,25	0,28; 0,34	0,80; 0,70
Âge 5	0,12; 0,15	0,04; 0,05	0,07; 0,07	0,17; 0,11	0,13; 0,16	0,16; 0,20	0,44; 0,39

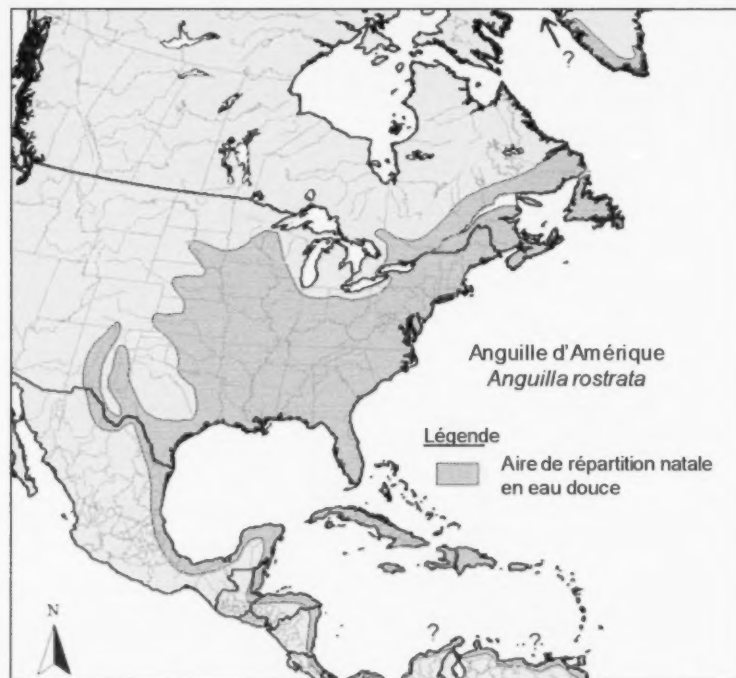


Figure 9. Aire de répartition natale en eau douce de l'anguille d'Amérique. Image du [Tennessee Wildlife Resources Agency](#).

L'anguille d'Amérique fraie dans une vaste région du sud de la mer des Sargasses. On croit que la limite nord du lieu de ponte de l'anguille d'Amérique est définie par des fronts de température différente qui séparent les masses d'eau de surface du sud dont la température et la salinité sont élevées de celles de l'eau tempérée et moins salée du nord. Ces fronts thermiques sont associés à la convergence atmosphérique subtropicale et séparent le nord et le sud de la mer des Sargasses. On croit que le lieu de ponte change selon la position des fronts thermiques, mais rien ne porte à croire à un changement dans la taille globale de la frayère. De la même façon, la position des principaux courants migratoires comme le mouvement du Gulf Stream se déplace dans l'Atlantique Nord, mais on ne dispose pas d'information sur les changements correspondants de l'aire de répartition de l'anguille.

Il n'y a pas de données qui indiquent que l'aire de répartition des anguilles jaunes a changé dans les habitats marins. Aux États-Unis et au Canada, l'accès aux habitats d'eau douce a été réduit, principalement en association avec la construction de grands barrages qui n'ont pas de passe à poisson ou dont les installations permettant le passage du poisson vers l'amont ne conviennent pas à l'anguille d'Amérique (Pratt *et al.* 2014). Aux États-Unis, on a estimé que les anguilles ont accès sans entrave à seulement 16 % de la longueur des cours d'eau accessible par le passé et que les anguilles ont disparu de grandes parties des bassins hydrographiques du Saint-Laurent, du Mississippi et du Rio Grande. On n'a pas procédé à une évaluation aussi vaste au Canada, mais il est évident que des milliers de kilomètres d'habitat d'eau douce ne sont plus accessibles. Par exemple, dans la partie canadienne du bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent, on estime que des obstacles empêchent, limitent ou retardent l'accès à 12 140 km² d'habitat potentiellement convenable pour l'anguille d'Amérique. En Ontario, l'aire de répartition de l'anguille d'Amérique a diminué avec la construction d'obstacles insurmontables dans de nombreux bassins hydrographiques. Au Nouveau-Brunswick, les 46 % (25 128 km² du bassin versant) du cours supérieur de la rivière Saint-Jean situés en

amont du barrage Mactaquac n'ont pas de passage libre pour les anguilles (Pratt *et al.* 2014).

Abondance et tendances actuelles et historiques

On a analysé les tendances temporelles pour un sous-ensemble d'indicateurs de l'abondance des anguilles dans les quatre zones d'évaluation du potentiel de rétablissement qui se trouvent principalement ou entièrement au Canada (bassin du Saint-Laurent, nord du golfe du Saint-Laurent et Terre-Neuve-et-Labrador, sud du golfe du Saint-Laurent, Scotia-Fundy). On a procédé à des analyses pour les intervalles de temps correspondant à peu près à une génération (16 ans), à deux générations (32 ans) ou pour la série chronologique disponible. Les indicateurs ont été regroupés par type de stade biologique, par type d'habitat et par région. Les types de stade biologique considérés étaient les suivants : 1) recrutement au stade civelle dans les rivières ou les montaisons au stade d'anguille jaune; 2) stock résident d'anguilles au stade d'anguille jaune ou une combinaison d'anguilles jaunes et d'anguilles argentées; et 3) abondance des reproducteurs au stade d'anguille argentée. On fait une distinction entre les indicateurs dépendants et indépendants des pêches. La majeure partie des indicateurs proviennent des habitats d'eau douce; il y avait seulement deux indicateurs d'abondance provenant des zones estuariennes et marines et il s'agissait d'indicateurs dépendants des pêches (tableau 2). Un modèle linéaire généralisé (GLM) a été utilisé pour créer un indice composé quand plusieurs indicateurs étaient disponibles pour une combinaison de stade biologique, d'habitat et de zone d'évaluation du potentiel de rétablissement. Le pourcentage de changement annuel sur toute la période de la série temporelle de l'indicateur et le pourcentage de changement pour les 16 et les 32 dernières années ont été calculés à l'aide d'un modèle exponentiel. Un total de huit indices composés et d'un indice unique ont été élaborés à partir d'un sous-ensemble de 21 indicateurs informatifs de l'abondance (tableau 2; figures 10 à 12).

Ces analyses des tendances des indicateurs confirment les conclusions de Casselman (2003) et du COSEPAC (2012) selon lesquelles il y a eu une diminution générale de l'abondance de l'anguille d'Amérique au Canada depuis au moins les deux dernières générations (32 ans), avec des diminutions très importantes de plus de 99 % des indices de recrutement et du stock résident du lac Ontario (figures 10 et 12; tableau 2). On a observé des diminutions de l'abondance dans les indices du stock résident de Terre-Neuve-et-Labrador (même si elles ne sont pas importantes du point de vue statistique) et des indices liés aux anguilles argentées du bassin du Saint-Laurent (figures 11 et 12). La seule région dont les indices présentent une tendance à la hausse du stock résident depuis 32 ans est pour la zone d'eau douce du sud du golfe du Saint-Laurent (figure 12; tableau 2).

Sur l'échelle temporelle plus courte des 16 dernières années ou d'environ une génération, il y a eu une amélioration relative de l'état des indices. Proportionnellement, un plus grand nombre d'indices ne présentent aucune tendance temporelle (33 %) ou présentent une tendance temporelle croissante (33 %) pour les 16 dernières années; quoi qu'il en soit, les indices des stocks résidents ont diminué dans trois des quatre zones géographiques (tableau 2; figure 12). On a observé une augmentation des tendances au recrutement dans le bassin du Saint-Laurent et de fortes augmentations des indices de recrutement dans le cours supérieur du Saint-Laurent/lac Ontario (figure 10) et des indices des stocks résidents des zones estuariennes et marines du sud du golfe du Saint-Laurent (tableau 2; figure 12). On a observé des diminutions des indices des stocks résidents des zones du lac Ontario, de Terre-Neuve-et-Labrador et de Scotia-Fundy (tableau 2; figure 12). Des variations de l'abondance non associées à des tendances importantes du point de vue statistique ont été observées pour l'indice de recrutement des civelles de Scotia-Fundy (figure 10), l'indice du stock résident en eau douce du

sud du golfe du Saint-Laurent (figure 12) et l'indice de l'abondance de l'anguille argentée dans le bassin du Saint-Laurent (figure 11; tableau 2).

On n'a pas essayé de créer un indice composé global pour l'est du Canada. Un tel indice peut être créé seulement pour le stade biologique en eau douce du stock résident, car c'est le seul stade biologique et le seul type d'habitat représenté dans les quatre zones d'évaluation du potentiel de rétablissement. Aucune hypothèse raisonnable n'a pu être formulée sur les poids relatifs des zones pour la création de l'indice composé de l'est du Canada, et le fait d'accorder la même importance à chaque zone équivaut à calculer une simple moyenne des quatre indices.

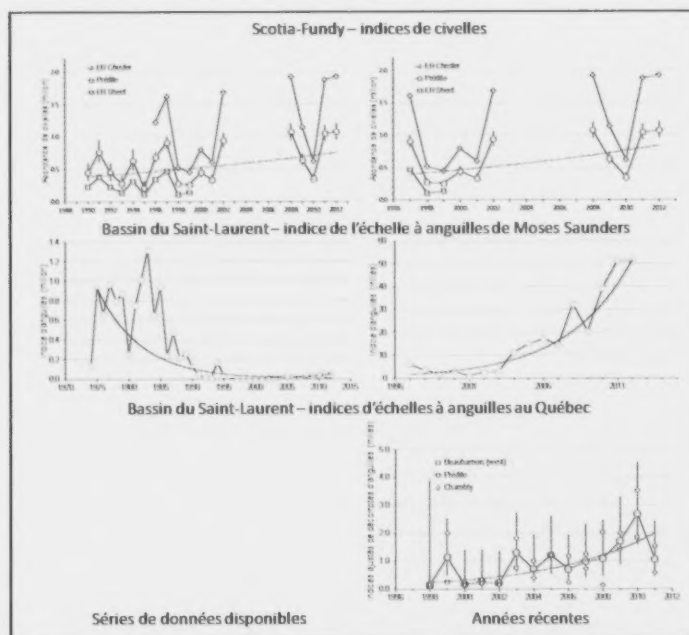


Figure 10. Tendances relatives à la série chronologique du stade biologique du recrutement pour Scotia-Fundy (rangée du haut), le bassin du Saint-Laurent (indice des échelles d'anguilles de Moses-Saunders (rangée du milieu) et indice des échelles d'anguilles du Québec (rangée du bas) pour les séries chronologiques disponibles (colonne de gauche) et pour les 16 dernières années (colonne de droite). Les lignes de tendance indiquées sont pour le modèle exponentiel.

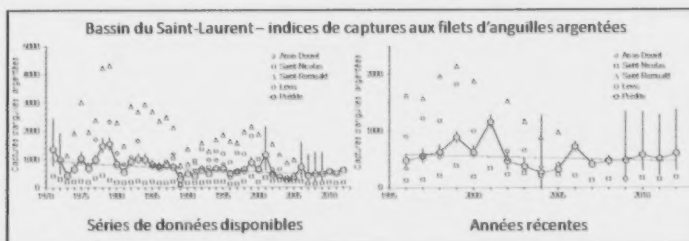


Figure 11. Tendances relatives aux indices des stades biologiques de production des reproducteurs du bassin du Saint-Laurent pour les séries chronologiques disponibles (colonne de gauche) et pour les 16 dernières années (colonne de droite). Les lignes de tendance indiquées sont pour le modèle exponentiel.

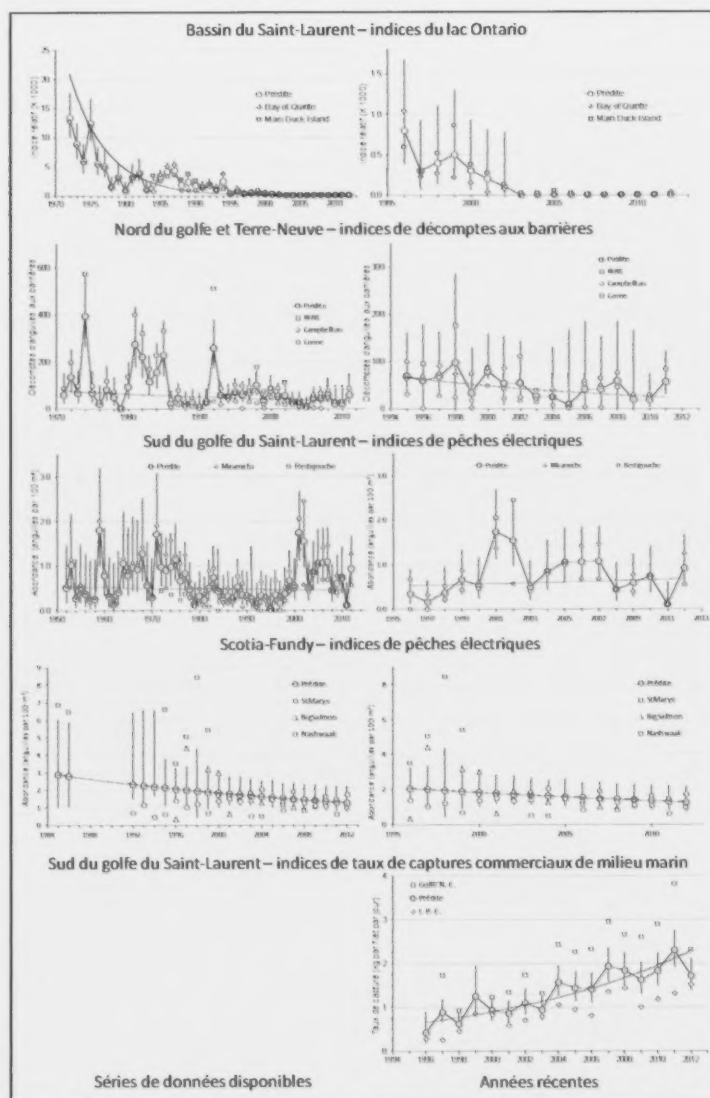


Figure 12. Tendances relatives aux indices des séries chronologiques des stades biologiques des stocks résidents du bassin du Saint-Laurent (rangée du haut), du nord du golfe et de Terre-Neuve-et-Labrador (deuxième rangée), du sud du golfe du Saint-Laurent (troisième rangée), de Scotia-Fundy (quatrième rangée) et aux indices des taux de capture commerciale du sud du golfe du Saint-Laurent (rangée du bas) pour les séries chronologiques disponibles (colonne de gauche) et pour les 16 dernières années (colonne de droite). Les lignes de tendance indiquées sont pour le modèle exponentiel. Tous les indices proviennent des milieux d'eau douce à l'exception des indices des taux de capture commerciale du sud du golfe du Saint-Laurent, qui proviennent d'un milieu marin ou à marée.

Tableau 2. Taux annuel estimatif de changement au fil des séries chronologiques disponibles et pourcentage de changement pour les 16 dernières années et les 32 dernières années s'il y a lieu. La flèche vers le haut (↑) représente une augmentation de l'abondance importante du point de vue statistique ($p \leq 0,05$) (↔) indique que l'abondance n'a pas changé ($p > 0,05$) et la flèche vers le bas (↓) représente une diminution importante de l'abondance du point de vue statistique. S.O. signifie sans observation.

Type de cycle biologique	Type d'habitat	Région	Type d'indice, description (nombre d'indicateurs individuels) et séries chronologiques	Changement lié à l'abondance (médiane; intervalle de crédibilité bayésien de 90 %; années)		
				Annuelles, pour la série chronologique disponible	16 dernières années	32 dernières années
Recrutement	Eau douce	Scotia-Fundy	Composé Comptes des civelles (2) De 1990 à 2012	+3,1 % ↔ -0,7 % à +6,9 % 23	+83 % ↔ -30 % à +384 %	S.O.
		Bassin du Saint-Laurent	Unique indice de l'échelle des anguilles Moses-Saunders (1) De 1975 à 2012	-13,7 % ↓ -17 % à -11 % 38	4 000 % ↑ 1 368 % à 10 800 %	-99 % ↓ -99,8 % à -95,0 %
			Composé Comptes d'échelle des anguilles (2) (Québec) De 1998 à 2011	+18,4 % ↑ +9,2 % à +28,6 % 14	+798 % ↑ +212 % à 2 531 %	S.O.
Stock résident	Eau douce	Bassin du Saint-Laurent	Composé Indices de relevé du lac Ontario (2) De 1972 à 2012	-24,7 % ↓ -29,9 % à -19 % 41	-100 % ↓ -100 % à -99,6 %	-100 % ↓ -100 % à -99,9 %
		Nord du golfe et Terre-Neuve-et-Labrador	Composé Comptes de barrière (3) De 1971 à 2011	-2,2 % ↔ -4,6 % à +0,3 % 41	-63 % ↓ -84 % à -17 %	-41 % ↔ -81 % à +90 %
		Sud du golfe du Saint-Laurent	Composé Électropêche (2) De 1952 à 2012	-0,2 % ↔ -1,1 % à +0,7 % 61	+31 % ↔ -54 % à +266 %	+151 % ↑ +20 % à +428 %
		Scotia-Fundy	Composé Électropêche (3) De 1985 à 2012	-3 % ↓ -3,2 % à -2,9 % 28	-39 % ↓ -42 % à -36 %	S.O.
	Estuarien /marin	Sud du golfe du Saint-Laurent	Composé CPUE commerciale (2) de 1996 à 2012	+8 % ↑ +6 % à +10 % 17	+246 % ↑ +154 % à +366 %	S.O.
Production de reproducteurs	Eau douce	Bassin du Saint-Laurent	Composé Prises au filet-trappe (4) De 1971 à 2012	-1,9 % ↓ -2,6 % à -1,1 % 42	-20 % ↔ -52 % à +32 %	-41 % ↓ -58 % à -16 %
Pourcentage d'indices totaux par catégorie de tendance			↓		33 %	60 %
			↔		33 %	20 %
			↑		33 %	20 %
Nombre d'indices					9	5

Information à l'appui de la désignation de l'habitat essentiel

Description fonctionnelle des propriétés de l'habitat

Une description détaillée des exigences de l'anguille d'Amérique en matière d'habitat, par stade biologique, est disponible dans Pratt *et al.* (2014). Un résumé de ces exigences est présenté ci-dessous et dans le tableau 2 de l'annexe.

Marin

En tant qu'espèce catadrome, l'anguille d'Amérique utilise les habitats marins pour migrer vers les lieux de ponte, aux stades du frai, de l'œuf et de la larve (leptocéphale). On connaît très peu au sujet de l'habitat requis pour soutenir le stade de reproduction de l'anguille d'Amérique. Le lieu de ponte est attribué selon la taille du leptocéphale capturé, le plus petit leptocéphale capturé dans un secteur relativement vaste (arc d'environ 550 km) au sud de la mer des Sargasses. On croit que la limite nord du lieu de ponte de l'anguille d'Amérique est définie par des fronts de température différente qui séparent les masses d'eau de surface du sud dont la température et la salinité sont élevées de celles d'eau tempérée et moins saline du nord. Ces fronts changent d'une année à l'autre, ce qui donne une vaste frayère potentielle qui, dans la pratique, est plus petite pendant une période de frai donnée. On pense qu'une combinaison de température et de salinité élevées de l'eau sont requises pour que le frai de l'anguille soit une réussite. On croit que l'anguille d'Amérique fraie probablement dans des eaux dont la température est de 18 ou 19 °C et dont la salinité peut dépasser 36. Les œufs se développent et éclosent rapidement, en 48 heures, à ces températures. Selon la taille des leptocéphales capturés, l'activité de frai a lieu à la fin de l'hiver et au début du printemps, car c'est de février à avril qu'on voit les plus petits leptocéphales.

Tout le recrutement de leptocéphales d'anguille d'Amérique provenant de la mer des Sargasses dans les eaux canadiennes se fait grâce au Gulf Stream. Le mouvement initial des leptocéphales à partir du lieu de ponte en est probablement un de dérive passive dans le courant des Antilles, un courant saisonnier vers le nord-ouest en direction du plus important courant de Floride et du courant du Gulf Stream (figure 13). Ce transport a lieu dans les 350 mètres supérieurs d'eau. Une fois qu'ils dépassent la taille de 5 mm, les leptocéphales semblent migrer verticalement, car ils ont été observés à des profondeurs moindres (50-100 m) la nuit et plus en profondeur (100-300 m) pendant le jour. Les données disponibles suggèrent que la majorité des leptocéphales rejoindraient le Gulf Stream au nord du courant de la Floride (Kleckner and McCleave 1982). Ce courant transporte ensuite les leptocéphales vers le nord et à l'est de l'Amérique du Nord.

On croit que la vaste majorité des anguilles d'Amérique se métamorphose en civelles (transparentes) pendant leur première année. La plupart des leptocéphales d'anguille d'Amérique se métamorphosent en civelles (transparentes) dans l'océan dans une zone qui s'étend sur des milliers de kilomètres. On présume que cette métamorphose se produit principalement au-delà de la limite du plateau continental. On pense qu'un mécanisme de transport actif est nécessaire pour que les leptocéphales et les civelles (transparentes) sortent du Gulf Stream et se dirigent vers la pente et le plateau continental. On croit que l'entrée dans les zones près des côtes suppose une nage active et on estime qu'elle dure au moins 60 jours et se produit plus tard aux latitudes plus élevées. On a prélevé des échantillons de civelles (transparentes) sur toutes les profondeurs de l'eau du plateau néo-écossais. Dans le golfe du Saint-Laurent, les civelles (transparentes) migrent lentement (10-15 km/jour) la nuit. On ne pense pas que le substrat soit important à ces stades biologiques, et les leptocéphales et les civelles (transparentes) peuvent tolérer un vaste éventail de températures et de niveaux de salinité.

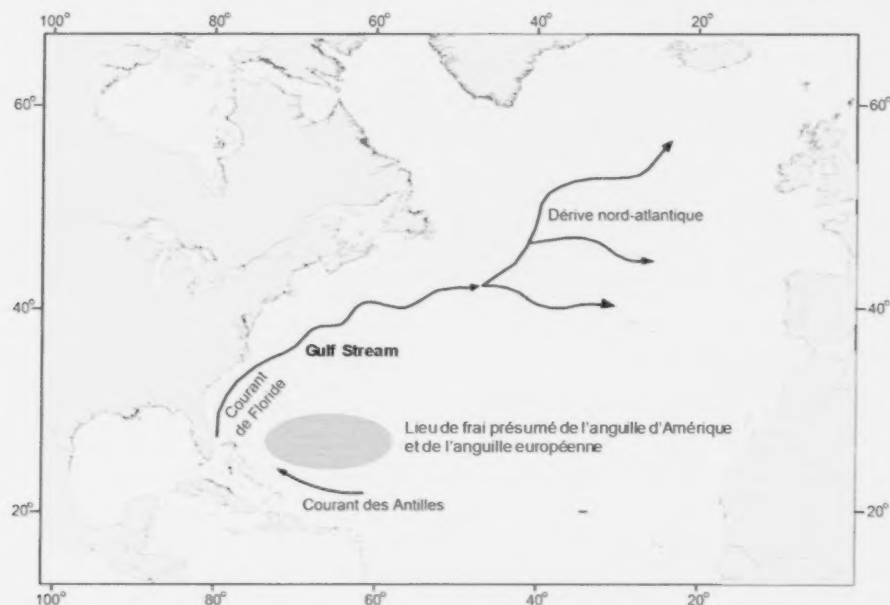


Figure 13. Lieu de frai présumé (grisé) et les courants, y compris le courant des Antilles, celui de la Floride et le Gulf Stream, servant à la dispersion des leptocéphales. Figure redessinée de Miller et al. (2009).

Même si nombre d'anguilles d'Amérique migrent en eau douce, certaines terminent leur migration dans les eaux côtières et les estuaires et terminent leur stade d'anguille jaune sans jamais accéder à l'eau douce. Contrairement à l'anguille européenne, le stade d'anguille jaune de l'anguille d'Amérique semble rarement présent dans les eaux marines côtières. On en sait peu sur l'habitat de l'anguille jaune en haute mer, mais on signale quelques captures d'anguilles dans les eaux canadiennes aux mois de mai, juin et juillet, ce qui porte à croire que ce ne sont pas des individus au stade du frai. Ces captures ont eu lieu sur une large tranche d'eau, y compris des lieux >100 m de profondeur.

Après la métamorphose en anguille argentée, les anguilles des zones d'eau douce, estuariennes et près des côtes océaniques retournent en haute mer et migrent vers la frayère dans la mer des Sargasses. Pendant cette migration, il semble que les anguilles argentées demeurent relativement près de la surface de l'océan, car des anguilles argentées d'Amérique ont été capturées en novembre et en décembre à des profondeurs allant de 9 à 82 m et dans des eaux dont la température était de 8 à 12 °C. Il est probable que les profondeurs et les températures d'eau occupées par l'anguille augmentent avec la migration au large des côtes et vers le sud. Même si on en sait peu sur la migration de l'anguille d'Amérique, l'anguille européenne suit une migration verticale journalière, nageant dans les 250 mètres de la partie supérieure de l'eau la nuit et plongeant à des profondeurs de plus de 500 m le jour.

Estuarien

Une fois dans les régions côtières, les civelles (transparentes) peuvent entrer dans les estuaires et les eaux côtières protégées en dérivant la nuit sur le flux de la marée et en s'enfouissant dans le substrat ou en l'utilisant comme protection pour maintenir leur position pendant les marées descendantes (p. ex. transport sélectif par les marées). Par conséquent, on pense qu'il y a des parties des phases lunaires/marées qui sont importantes pour le recrutement des civelles (transparentes) pendant les derniers stades (près des côtes) de la migration continentale. Toutefois, l'importance des mouvements diurnes semble diminuer au fur et à

mesure que la saison progresse, et les civelles (pigmentées) deviennent plus actives pendant le jour. L'utilisation du fond marin comme refuge pendant les marées descendantes peut être importante pour la réussite de la migration à ce stade.

Au stade de l'anguille jaune, l'espèce est très répandue et commune dans les baies abritées et les estuaires au large des côtes de l'Amérique du Nord. Il n'y a pas de relation profondeur-abondance uniforme qui caractérise la distribution de l'anguille jaune. Dans certains cas, les anguilles sont abondantes dans les eaux peu profondes, mais dans d'autres secteurs, on observe une pointe d'abondance à des profondeurs de plus de 25 m. Les anguilles sont généralement associées à un substrat vaseux. Les anguilles d'Amérique sont en torpeur en hiver à cause de la baisse des températures.

Une fois que les anguilles se métamorphosent, la migration vers l'océan des anguilles argentées des estuaires a lieu sur un court laps de temps et à l'automne (fin de septembre ou octobre) par courtes poussées, principalement la nuit. Il y a peu de données prouvant que le substrat ou la profondeur sont des caractéristiques d'habitat importantes pour la migration vers l'océan des anguilles argentées. Les anguilles argentées migrent vers l'océan à partir des estuaires à des températures d'eaux variant de 9,6 à 17,6 °C; dans une étude en laboratoire, les anguilles argentées ont démontré une préférence pour une température d'eau de 17 °C.

Un suivi acoustique récent dans un estuaire et une baie à macromarées du sud-ouest du Nouveau-Brunswick a révélé que les anguilles argentées ont entrepris leur migration vers la mer vers l'heure du coucher du soleil ou peu après, ont migré principalement la nuit, n'ont manifesté aucune préférence pour une migration sur les marées descendantes plutôt que sur les flux de la marée et ont nagé avec et contre les courants de marée sans réelle préférence pour ce qui est de la profondeur. Les résultats de ce suivi contredisent ceux d'autres études où on a observé des anguilles argentées utilisant un transport sélectif par les flux de la marée pendant la migration d'un estuaire vers l'océan, utilisant le substrat pour se reposer pendant le flux de la marée et remontant près de la surface pendant les marées descendantes.

Eau douce

Les civelles (transparentes) pénètrent les milieux d'eau douce pour la première fois à partir de la fin de l'hiver. À ce stade, elles commencent à s'alimenter, deviennent de plus en plus pigmentées, ce pourquoi on réfère à des civelles pigmentées. Au Canada, les civelles pénètrent les rivières entre la fin d'avril et le début d'août, la majeure partie des entrées ayant lieu plus tôt dans les rivières plus près de la fraysère. Les indicateurs environnementaux des montaisons des civelles (transparentes) sont variables, mais la température accrue et le débit réduit (correspondant à une faible vitesse de l'eau) des rivières au début de la saison de la montaison peuvent susciter un mouvement en amont. Au départ, on croit que les anguilles sont attirées vers l'eau douce par des signaux chimiosensibles.

Les anguilles commencent à se déplacer vers l'amont quand la température de l'eau atteint 10 °C et continuent jusqu'à ce que la température dépasse les 20 °C, avec une pointe de migration à des températures entre ces extrêmes. Des températures de l'eau de moins de 10 °C peuvent entraîner une pause dans le comportement de migration en attendant que les températures augmentent de nouveau. À part pour stimuler la migration vers l'eau douce, la température et le débit d'eau ne semblent pas importants pour le déplacement des anguilles. Les civelles qui pénètrent en eau douce peuvent consacrer une grande partie de ce stade biologique à la montaison. Les anguilles nagent vers l'amont en utilisant l'effort de pointe dans la couche limite hydraulique et la colonne d'eau entre des périodes de repos dans le substrat. Aux vitesses de plus de 25-35 cm s⁻¹, les civelles ont de la difficulté à nager et à maintenir leur position et passent plus de temps dans les substrats protecteurs.

On trouve des anguilles jaunes dans les environnements lotiques et lénitiques d'eau douce, de la laisse de haute mer à au moins 15 mètres de profondeur. Les anguilles jaunes sont essentiellement benthiques et utilisent le substrat (roches, sable, vase) et d'autres structures comme des débris de bois et la végétation submergée comme protection et comme abris. Elles semblent être des généralistes en matière d'habitat et avoir peu de préférences constantes pour le type d'habitat, l'abri, le substrat ou la température de l'eau. Des chercheurs ont observé les liens entre la densité d'anguilles et différents substrats, différentes profondeurs de l'eau et différentes vitesses de même que les différences relatives à l'utilisation de l'habitat par des anguilles de différentes tailles.

L'anguille d'Amérique est tolérante à un vaste éventail de températures d'eau. Par exemple, dans la baie Chesapeake, des anguilles ont été capturées à des températures allant de 3 à 31°C, la proportion la plus importante d'anguilles ayant été observée dans des eaux de 26 à 28°C. En laboratoire, les anguilles ont préféré des températures de l'eau de 17 à 20°C. Les températures de croissance optimales sont de 28 et 29 °C. En hiver, les anguilles s'enfouissent dans les substrats mous, et on croit qu'elles entrent en léthargie (deviennent inactives) quand la température de l'eau devient inférieure à 5 °C. La température de l'eau est aussi importante pour comprendre les mouvements saisonniers de l'anguille d'Amérique. En Nouvelle-Écosse, à Terre-Neuve-et-Labrador et au Québec, les anguilles ayant facilement accès à des eaux saumâtres ou salines peuvent entreprendre au printemps une dévalaison de l'eau douce pour s'alimenter dans l'environnement d'eau salée puis retourner en eau douce pour hiverner.

L'aire de répartition de l'anguille d'Amérique peut être limitée par les faibles niveaux d'oxygène dissous. C'est toujours dans des eaux présentant des niveaux d'oxygène dissous de plus de 4 mg L⁻¹ qu'on a capturé des anguilles en abondance.

De gros obstacles verticaux peuvent empêcher ou obstruer la montaison. Pour surmonter les obstacles, les anguilles peuvent sortir de l'eau et ramper sur des surfaces dures et mouillées. Cependant, seules les petites anguilles (<10 cm) peuvent traverser des obstacles verticaux ou presque verticaux. Les obstacles qui limitent ou empêchent la montaison entraînent une concentration d'anguilles immédiatement en aval de l'obstacle. Certains supposent que la densité élevée d'anguilles dans ces régions peut accroître le cannibalisme, la prédation, la compétition pour la nourriture ou les maladies et avoir des répercussions négatives sur la croissance des anguilles.

Le pic de migration de l'eau douce vers l'océan des anguilles argentées se produit généralement par impulsions à l'automne, et on croit que la migration est déclenchée par des facteurs environnementaux comme la température de l'eau, l'écoulement de la rivière ou du ruisseau, le niveau d'eau ou les précipitations et l'intensité de la lumière, notamment le cycle lunaire. La dévalaison se fait principalement la nuit et est fréquemment associée à de fortes précipitations et à des événements entraînant un débit d'eau élevé. L'anguille européenne, pour sa part, a recours à la dérive passive et contrôlée et à la dévalaison active pour la migration vers l'océan. Les déplacements se font par vagues avec de longues périodes d'immobilité et des pointes de déplacements intensives.

Dans le bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent, la dévalaison des anguilles argentées peut être déclenchée par des facteurs différents de ceux en cause ailleurs. Dans la portion d'eau douce du fleuve Saint-Laurent, la migration du lac Ontario et du lac Champlain peut commencer dès le mois de mai, avec des pointes à l'été (juillet à septembre), et ne semble pas liée aux conditions environnementales. Au milieu de l'été, les températures de l'eau sont plus élevées (dépassant souvent les 20°C) et le débit est faible. La migration de l'estuaire du fleuve Saint-Laurent vers l'océan se fait sur une courte période à l'automne. Le moment entre le pic de migration dans le fleuve Saint-Laurent et le déplacement à partir de l'estuaire porte à croire que la migration des anguilles argentées s'arrête avant le déplacement final de l'eau douce vers

l'eau saline, même si on n'a observé aucune concentration d'anguilles indiquant qu'il y aurait une aire de séjour.

Étendue spatiale de l'habitat

Historiquement, l'anguille d'Amérique a utilisé toutes les rivières et tous les affluents de l'océan Atlantique depuis le Venezuela au sud jusqu'au milieu du Labrador au nord, en passant par le golfe du Mexique. C'est probablement en raison de cette vaste aire de répartition que peu de tentatives ont été faites pour quantifier l'habitat disponible pour l'anguille d'Amérique. De façon générale, le COSEPAC (2012) a estimé que la zone d'occurrence et le secteur biologique d'occupation au Canada à 2 065 932 km² et 1 652 200 km², respectivement.

Marin

Les eaux marines de l'océan Atlantique sont utilisées par les stades du frai, de l'œuf et de la larve de l'anguille d'Amérique. L'anguille d'Amérique fraie dans la mer des Sargasses, dans les fronts thermiques qui séparent le nord du sud de cette mer et au sud de ceux-ci. L'étendue de cette zone est estimée à environ 550 km pour l'anguille d'Amérique et entre 2 200 et 2 500 km pour l'anguille d'Amérique et l'anguille européenne, ce qui donne un habitat de frai potentiel de plusieurs milliers de kilomètres carrés.

Les grandeurs des habitats comprenant les baies semi-exposées, les baies exposées, et l'habitat océanique exposé se chiffrent à 22 640 km², 261 928 km² et 618 302 km², respectivement, au large de la côte est du Canada, et 20 681 km², 15 881 km² et 377 091 km², respectivement, au large de la côte est des États-Unis. Cette classification comprend les eaux qui s'étendent jusqu'à 500 mètres de profondeur et représente l'habitat utilisé par les leptocéphales et les civelles (transparentes) pendant leur migration vers la côte et par les anguilles argentées pendant leur migration de retour vers la frayère. Certains habitats semi-exposés sont aussi utilisés par les anguilles jaunes.

Estuaire et baie

L'habitat salin abrité de l'anguille jaune de la côte est de l'Amérique du Nord inclut 8 910 km² au Canada et à Saint-Pierre et Miquelon et 14 360 km² aux États-Unis (total de 23 270 km²).

Eau douce

Peu d'estimations des habitats d'eau douce de l'anguille sont disponibles, à part celles de Cairns *et al.* (2014) qui s'appuient sur les données du National Wetlands Inventory (NWI) du Fish and Wildlife Service des États-Unis. Le NWI fournit une classification de toutes les zones humides des États-Unis, y compris toutes les régions côtières et intérieures. Les habitats d'eau douce ont été regroupés en catégories de marées fluviales, de cours d'eau sans marée, de milieux lacustres (lacs) et palustres (marais et habitats semblables et étangs). Dans d'autres administrations, seules de vastes estimations de l'habitat sont disponibles.

Ontario : Le COSEPAC (2012) a fourni une estimation de l'habitat disponible de 97 400 km² dans la Zone biogéographique nationale d'eau douce 10, qui regroupe tous les habitats d'eau douce du bassin du fleuve Saint-Laurent jusqu'à l'influence des eaux de marée dans le fleuve Saint-Laurent, près de Québec, y compris toutes les eaux de l'Ontario. Dans la partie canadienne du lac Ontario et du bassin du fleuve Saint-Laurent, on estime que 87 % de cette zone historique est encore accessible à l'anguille d'Amérique, avec 8 411 obstacles d'au moins 2,5 mètres de hauteur qui empêchent, limitent ou retardent l'accès à 12 140 km² d'habitat potentiellement convenable pour l'anguille d'Amérique. Par le passé, on trouvait l'anguille d'Amérique dans tous les affluents accessibles du lac Ontario et des bassins du fleuve Saint-Laurent et de la rivière des Outaouais, mais, aujourd'hui, on la trouve seulement dans une partie de cette aire de répartition (figure 14). Cela inclut 3 700 km² d'habitat convenable pour

l'anguille de perdus dans le bassin hydrographique de la rivière des Outaouais et 5 800 km² d'habitat inaccessible dans les bassins hydrographiques le long de la côte nord du lac Ontario.

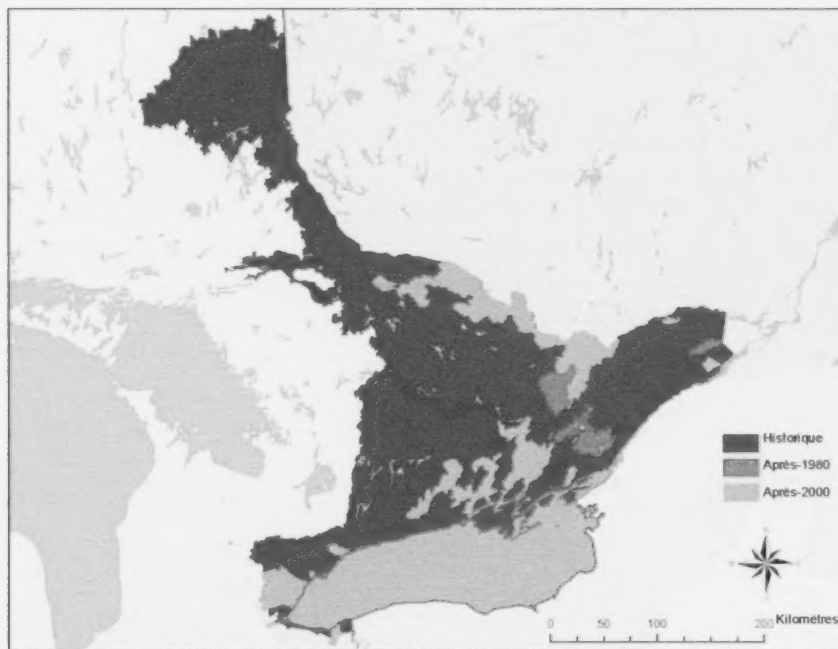


Figure 14. Contraction de l'aire de répartition de l'anguille d'Amérique en Ontario (figure de MacGregor et al. 2010).

Québec : Par le passé, l'anguille d'Amérique était présente dans tous les affluents accessibles du golfe du Saint-Laurent et du fleuve Saint-Laurent. On n'a trouvé aucune évaluation détaillée de l'aire de répartition actuelle de l'anguille d'Amérique dans la documentation. Le COSEPAC (2012) a fourni une estimation de l'habitat accessible des zones biogéographiques nationales d'eau douce 10 (97 400 km²) et 11 (161 400 km²). La zone 10 regroupe toutes les eaux douces du bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent jusqu'à l'influence des eaux de marée du fleuve Saint-Laurent près de Québec et est partagée avec l'Ontario; la zone 11 inclut les habitats marins et d'eau douce du bas du fleuve Saint-Laurent, la côte nord de la Gaspésie et la côte nord du golfe du Saint-Laurent. On estime que 1 200 km² d'habitat convenable pour l'anguille ont été perdus au-delà d'obstacles dans la portion de la Zone biogéographique nationale d'eau douce 10 au Québec, le bassin hydrographique de la rivière Richelieu-lac Champlain et qu'un autre 1 440 km² a été perdu au Québec dans d'autres bassins dans le réseau hydrographique du fleuve Saint-Laurent.

Nouveau-Brunswick : On n'a trouvé aucune évaluation détaillée de l'aire de répartition actuelle de l'anguille d'Amérique au Nouveau-Brunswick dans la documentation. Toutefois, des anguilles sont fréquemment capturées pendant les relevés d'assemblage de poissons dans de nombreux cours d'eau et lacs, ce qui indique qu'elles sont présentes dans tous les affluents accessibles de la baie de Fundy et du golfe du Saint-Laurent. Statistique Canada signale qu'il y a 1 458 km² d'habitat d'eau douce disponible au Nouveau-Brunswick, avec la Nouvelle-Écosse, l'Île-du-Prince-Édouard et les régions centre et sud de la Gaspésie (Québec),

font partie de la zone biogéographique nationale d'eau douce 1, qui contient, selon les estimations, 635 200 km² d'habitat accessible à l'anguille.

Nouvelle-Écosse : Par le passé, l'anguille d'Amérique était probablement présente dans tous les affluents accessibles de la baie de Fundy, de l'océan Atlantique et du sud du golfe du Saint-Laurent. On n'a trouvé aucune évaluation détaillée de l'aire de répartition actuelle de l'anguille dans la documentation. On estime qu'il y a 2 408 km² d'habitat d'eau douce en Nouvelle-Écosse.

Île-du-Prince-Édouard : Par le passé, l'anguille d'Amérique était probablement présente dans tous les affluents accessibles du sud du golfe du Saint-Laurent. On n'a trouvé aucune évaluation détaillée de l'aire de répartition actuelle de l'anguille dans la documentation. Même s'il y a des milliers de kilomètres de petits cours d'eau douce à l'Île-du-Prince-Édouard, il n'y a pas de grandes zones d'eau douce.

Terre-Neuve-et-Labrador : On croit que, par le passé, l'anguille d'Amérique était présente dans tous les affluents accessibles de l'océan Atlantique et du golfe du Saint-Laurent à Terre-Neuve-et-Labrador, jusqu'à la limite nord de la rivière English au Labrador. À Terre-Neuve-et-Labrador, l'anguille d'Amérique est présente dans les Zones biogéographiques nationales d'eau douce 2 et 8, et le COSEPAC a indiqué que les zones d'occupation attendue de l'anguille dans celles-ci sont respectivement de 130 700 et 627 500 km². Sur l'île de Terre-Neuve, il y a 234 obstacles associés aux stations hydroélectriques et 81 obstacles associés aux installations d'approvisionnement en eau, et 91 de ces obstacles mesurent plus de 10 mètres de haut. On ne sait pas quelle incidence ces obstacles ont sur l'accès de l'anguille.

États-Unis : L'habitat d'eau douce sans végétation émergée totalise 3 488 km² dans le bassin du Saint-Laurent, 526 km² dans le Scotia-Fundy, 7 067 km² sur la côte nord de l'Atlantique, 2 858 km² sur la côte centrale de l'Atlantique et 7 838 km² sur la côte sud de l'Atlantique, pour un total de 21 777 km². Ces estimations incluent uniquement des secteurs des États-Unis. La classification du NWI inclut l'habitat fluvial à marées sans végétation émergée totalisant 175 km² sur la côte nord de l'Atlantique, 543 km² sur la côte centrale de l'Atlantique et 411 km² sur la côte sud de l'Atlantique, pour un total de 1 129 km². Cet habitat peut être considéré comme entièrement accessible aux anguilles. Le NWI ne fournit aucune répartition d'autres habitats par leur degré d'accessibilité pour les poissons diadromes.

D'autres études ont révélé que des obstacles ont grandement réduit la quantité d'habitats d'eau douce disponibles pour l'anguille d'Amérique aux États-Unis. On a estimé que l'habitat fluvial accessible aux anguilles a été réduit de 556 801 km à 90 755 km, en présumant que les obstacles empêchent toute migration. On estime qu'un peu plus de 15 000 obstacles bloquent la montaison et la dévalaison des anguilles. Cela signifie que seulement 16 % de la longueur des cours d'eau de l'aire de répartition historique de l'anguille d'Amérique demeure libre de barrages, les empêchements les plus importants se trouvent dans la région de l'Atlantique Nord, du Maine au Connecticut. Dans la partie du lac Ontario des États-Unis, on a estimé qu'il y a 455 barrages qui empêchent, limitent ou retardent l'accès à 24 693 km (ou 82 %) de l'habitat potentiellement convenable.

Fonctions biologiques assurées par les caractéristiques de l'habitat de l'espèce selon l'état ou l'étendue de l'habitat, y compris les limites de la capacité biotique

Effets de densité-dépendance et capacité d'accueil

Même si on a peu de documentation sur l'anguille d'Amérique, des effets de densité-dépendance ont été notés pour l'anguille européenne à divers stades biologiques, notamment des effets de mortalité chez les civelles (transparentes) et sur la croissance des anguilles

jaunes, ce qui signifie que l'habitat peut devenir limitant à ces stades biologiques. De plus, on croit que des densités élevées de civelles (transparentes et pigmentées) favorisent la compétition pour la nourriture, ce qui entraîne une dispersion en amont dépendante de la densité. Récemment, on a laissé entendre que la capacité d'accueil peut atteindre des densités de $> 0,4$ anguille par m^{-2} ou des niveaux de biomasse de $14,1 g m^{-2}$ pour l'anguille européenne; à ces seuils, les mâles commencent à dominer les populations, les anguilles sont réparties dans l'espace pour réduire au minimum la compétition, et il y a des répercussions sur la croissance et la mortalité.

L'accès aux habitats d'eau douce a été grandement réduit dans certaines zones en raison d'obstacles, et les effets de densité-dépendance peuvent être exacerbés en aval de certains obstacles. Les obstacles influencent la densité de l'anguille d'Amérique, et on trouve des densités élevées en aval des obstacles infranchissables ou semi-infranchissables. Des données montrent des réductions de la croissance et des changements dans l'habitat utilisé par l'anguille d'Amérique liées à des effets de densité-dépendance dans les zones à densité élevée en aval des obstacles.

Influence de l'habitat sur les caractéristiques du cycle biologique

Plus que la plupart des poissons, l'anguille d'Amérique est influencée par son habitat en raison de la relation entre les caractéristiques très variables de son cycle biologique et les composantes de l'habitat, notamment les répercussions sur la croissance dépendant de l'habitat et la détermination du sexe.

Il y a nombre d'évidence que la détermination du sexe chez les anguilles des milieux tempérés, y compris l'anguille d'Amérique, dépend de l'habitat et de la densité, même s'il s'est avéré difficile de trouver une théorie unificatrice. Il y a des patrons généraux axés sur l'habitat, qui se manifestent par la dominance de mâles dans les eaux lotiques et plus de populations dominées par les femelles dans les eaux lénitiques. On soutient que la détermination du sexe de l'anguille européenne est peut-être influencée par les conditions environnementales et sociales comme la croissance, la température de l'eau et les densités d'anguilles. Par opposition, des études récentes portent à croire que la détermination du sexe de l'anguille est peut-être un trait prédisposé, dicté par une combinaison de facteurs génétiques et de pressions de sélection environnementales auxquels les leptocéphales et les civelles (transparentes) font face. Au bout du compte, il est difficile de distinguer les effets de la densité de ceux d'autres facteurs comme les patrons de montaison liés au sexe, le choix de l'habitat et la prédisposition génétique, mais il demeure probable que l'habitat joue un rôle dans la détermination du sexe chez l'anguille d'Amérique.

Au stade de l'anguille jaune, les anguilles d'Amérique adoptent trois habitudes migratoires principales :

- 1) les anguilles qui migrent vers l'eau douce et y restent jusqu'à maturité;
- 2) les anguilles qui demeurent dans les estuaires et dans les régions côtières et n'entrent jamais en eau douce; et
- 3) les anguilles qui migrent entre les habitats d'eau douce et marins une ou plusieurs fois dans leur vie.

On croit que ces migrations entre les habitats d'eau douce et estuariens sont peut-être saisonnières pour profiter du taux de survie à l'hiver plus élevé en eau douce et de la production plus importante en eau saumâtre. Il y a de plus en plus de données qui montrent que les habitats d'eau saumâtre sont plus productifs pour les anguilles jaunes. On pense qu'en eau saumâtre, les anguilles jaunes croissent plus vite, deviennent matures plus tôt et ainsi migrent plus tôt vers l'océan en tant qu'anguilles argentées.

Disposition d'habitat convenable

Les cibles de rétablissement incluent les cibles de répartition et d'abondance de même que les objectifs à court et à long terme. C'est important qu'un habitat convenable soit disponible pour toute l'espèce pour atteindre ces cibles. La perte d'habitat due aux obstacles limitant l'accès à des habitats d'eau douce autrefois productifs est évidente (même si elle n'est pas facile à mesurer), et il y a des préoccupations au sujet de la qualité de l'habitat marin et d'eau douce.

La qualité de l'habitat des anguilles peut être affectée par les activités anthropiques. Par exemple, l'écosystème du lac Ontario a été grandement modifié par la prolifération de poissons et de moules exotiques, qui modifient les relations trophiques, les régimes alimentaires changeants et les taux de bioaccumulation. Il existe des préoccupations semblables dans les eaux marines où l'on trouve le crabe vert, qui perturbe mécaniquement les sédiments et a modifié les interactions trophiques. Les changements et les pratiques d'utilisation des terres, comme l'exploitation forestière, l'agriculture et l'urbanisation, peuvent affecter la qualité de l'habitat en réduisant la qualité de l'eau et en augmentant l'érosion et la sédimentation. La sédimentation entraîne le remblai des espaces interstitiels importants pour les anguilles en tant qu'habitat et peut aussi accroître le niveau de contaminants. On ne comprend et on ne mesure pas bien l'incidence potentielle des contaminants sur la survie de l'anguille d'Amérique, la réussite de la migration, la reproduction, la variabilité génétique et le recrutement. Cependant, les anguilles présentent un risque potentiellement élevé d'exposition à ceux-ci en raison de leur comportement d'enfouissement dans les sédiments et parce qu'elles sont particulièrement sensibles à la bioaccumulation de contaminants lipophiles. Pendant leur période en eau douce, les anguilles mettent suffisamment de lipides en réserve pour survivre pendant la migration de frai et la maturation des gamètes. Les contaminants stockés sont donc mobilisés quand les lipides sont catabolisés pour fournir l'énergie pour la migration, la production de gamètes et le frai. Il y a aussi des préoccupations relatives aux eaux marines selon lesquelles la dégradation physique provenant des activités de pêche (par exemple chalutage) a réduit la complexité et, du même coup, la qualité de l'habitat des anguilles.

Habitat permettant d'atteindre les cibles de répartition

Aux États-Unis et au Canada, l'accès aux habitats d'eau douce a été réduit, peut-être principalement à cause de la construction de grands barrages qui ne sont pas dotés de passes à poisson ou dont les installations ne permettent pas le passage adéquat de l'anguille d'Amérique. Dans les secteurs où on a mesuré la perte de l'habitat, des réductions importantes de l'accès sont évidentes. Aux États-Unis, par exemple, jusqu'à 84 % de la longueur de cours d'eau historique est maintenant inaccessible aux anguilles. Même si on n'a pas procédé à une évaluation d'aussi grande échelle au Canada, il est évident que des milliers de kilomètres d'habitat d'eau douce ne sont plus accessibles. Uniquement dans le bassin hydrographique du fleuve Saint-Laurent, plus de 14 000 km² (13 %) d'habitat de croissance de l'anguille jaune ne sont plus accessibles aux anguilles. Il est important de mentionner que les dommages les plus graves surviennent dans les zones où l'accès aux grands lacs a été perdu, qui affecte un nombre disproportionnellement élevé de grosses anguilles femelles.

Les liens entre d'importants habitats intérieurs, et entre les habitats intérieurs et les aires d'alimentation estuariennes et les frayères océaniques sont déterminants pour favoriser la croissance, la dispersion et la migration des anguilles. Il ne sera pas possible d'atteindre des cibles de répartition qui proposent de rétablir l'accès à des habitats de croissance productifs sans reconnaître que des habitats importants ont été perdus en raison des obstacles et sans assurer le passage en amont et en aval aux endroits où il y a des obstacles stratégiques.

Habitat permettant d'atteindre les cibles d'abondance

Il y a peu d'estimations quantitatives de la densité des anguilles d'Amérique au Canada. Il y a peu de données à travers l'aire de répartition de l'espèce des effets de densité-dépendance, autre qu'aux endroits où la densité des anguilles est élevée en aval des obstacles infranchissables. Quand il y a des estimations de l'habitat disponible (p. ex. en eau marine et estuarienne), la quantité d'habitats accessibles à l'anguille d'Amérique reste importante par rapport aux populations d'anguilles d'aujourd'hui dont l'abondance est probablement bien en dessous de la capacité biotique de l'habitat, ce qui fait qu'il est peu probable que la production d'anguilles aux niveaux d'abondance actuels soit limitée par la disponibilité d'habitat à grande échelle.

Il est aussi évident que l'accès aux habitats d'eau douce s'est perdu sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce et que, à long terme, à mesure que la population d'anguilles croîtra et se rétablira, il faudra probablement restaurer l'accès à ces habitats pour réaliser les objectifs à long terme en matière d'abondance.

Résidence

La *Loi sur les espèces en péril* définit ainsi la notion de résidence :

« Gîte – terrier, nid ou autre aire ou lieu semblable – occupé ou habituellement occupé par un ou plusieurs individus pendant tout ou partie de leur vie, notamment pendant la reproduction, l'élevage, les haltes migratoires, l'hivernage, l'alimentation ou l'hibernation. »

Aux latitudes tempérées, les anguilles d'Amérique sont léthargiques dans le substrat pendant l'hiver. Certaines anguilles construisent des trous à plusieurs entrées-sorties dans la vase, et on a évalué ceux-ci par rapport à la définition de résidence. Pour déterminer si les trous d'hivernage des anguilles constituent des résidences, les principales questions à se poser, selon la définition ci-dessus, consistent à se demander si l'animal a besoin d'une structure et si la structure suppose un certain degré de permanence. Les trous utilisés par l'anguille d'Amérique au sud du golfe du Saint-Laurent sont composés de sédiments mous et disparaissent probablement par remblai dans les jours ou les semaines suivant le départ de l'anguille. Si elles sont dérangées, les anguilles quittent le trou, et on ne sait pas si elles retourneront dans le même terrier ou en construiront un autre. Les trous d'hivernage présentent une structure certaine, du moins quand des anguilles s'y trouvent et, dans la mesure où une anguille peut utiliser le même trou pendant une période prolongée, la définition de résidence aux termes de la *Loi sur les espèces en péril* pourrait s'appliquer.

Objectifs de rétablissement

Dans l'ébauche du plan de gestion de l'anguille d'Amérique dans l'est du Canada, le Groupe canadien de travail scientifique sur l'anguille (GCTSA) a indiqué que la gestion de l'anguille d'Amérique devrait s'appuyer sur les principes que la durabilité à long terme est le but ultime et que des mesures de gestion permettent d'éviter d'autres pertes et d'en arriver à un gain net d'habitat (GCTSA 2009).

Les objectifs de gestion à long terme étaient les suivants :

- rétablir l'abondance globale de l'anguille d'Amérique au Canada à son niveau du milieu des années 1980 selon les mesures des principaux indices d'abondance disponibles;
- assurer la présence de l'anguille d'Amérique dans toutes les zones de son aire de répartition historique; et

- instaurer une pêche durable des civelles pigmentées et des grandes anguilles qui produisent des bénéfices économiques, sociaux et culturels pour les pêcheurs et la société dans tous les secteurs où les pêches étaient présentes par le passé.

L'objectif à court terme était une réduction de la mortalité de l'anguille de toutes sources de 50 %, par rapport à la moyenne de 1997 à 2002.

Dans une évaluation des progrès réalisés en vue d'atteindre l'objectif à court terme défini dans le plan de gestion, MPO (2010) a conclu que :

- Les indices d'abondance régionaux montrent que, relativement aux années 1980, l'abondance est très faible pour les stocks du lac Ontario et du cours supérieur du fleuve Saint-Laurent, et qu'elle est stable ou à la hausse dans les provinces de l'Atlantique.
- En Ontario et au Québec, la fermeture de la pêche et le rachat de permis de pêche ont permis de réduire le taux de mortalité total de l'anguille découlant de la pêche (mesuré par débarquements) de plus de 50 % en référence au taux de mortalité observé entre 1997 et 2002.
- On a noté des déclinés dans les débarquements de l'ordre de 27 % (en poids) dans la région des Maritimes du MPO, alors que la moyenne des débarquements des régions du Golfe et de Terre-Neuve-et-Labrador a augmenté ou est demeurée stable. Les déclinés notés dans les Maritimes pourraient être faussés en raison de problèmes de sous-déclaration. La hausse des débarquements dans le sud du golfe du Saint-Laurent, malgré le resserrement des règles de gestion, est attribuée à une augmentation de l'abondance de l'anguille dans cette région.
- On n'a observé aucune réduction de la mortalité de l'anguille durant le passage dans les turbines des barrages de grande et de moyenne taille.

Pour l'évaluation du potentiel de rétablissement, des cibles de rétablissement de l'aire de répartition et de l'abondance propres aux zones d'évaluation du potentiel de rétablissement sont proposées (tableau 3). Le rétablissement de l'anguille d'Amérique pourra être considéré comme complet une fois que toutes les régions auront atteint ces cibles de rétablissement. Compte tenu de la longue vie de l'anguille d'Amérique au Canada, une période de trois générations est considérée comme équivalent à environ 50 ans (moyenne d'âge médian de 22 ans pour les stocks d'eau douce et de 9 ans pour les stocks estuariens; COSEPAC 2012). Les objectifs à court terme sont pour un échéancier d'une génération (16 ans), les objectifs à moyen terme pour trois générations (50 ans) et les objectifs à long terme pour plus de trois générations.

Tableau 3. Cibles de rétablissement à court terme (une génération), à moyen terme (trois générations) et à long terme (plus de trois générations) concernant l'aire de répartition et l'abondance de l'anguille d'Amérique dans l'est du Canada.

Cibles	À court terme (une génération ~ 16 ans)	À moyen terme (trois générations ~ 50 ans)	À long terme (> 50 ans)
Aire de répartition	Maintenir l'aire de répartition des anguilles à son niveau actuel et accroître la répartition pour augmenter l'échappée des anguilles des zones de production de façon à ce que le recrutement d'une zone soit équivalent à celui qui a été perdu pendant la dernière génération.	Accroître l'aire de répartition des anguilles dans les zones de façon à ce que le recrutement dans les zones de production soit équivalent à ce qui a été perdu pendant les trois dernières générations.	Rétablir le recrutement de l'espèce et l'échappée des anguilles de la majeure partie des habitats historiques convenables et productifs partout au Canada afin de soutenir les cibles d'abondance.
Abondance	Mettre fin au déclin des indices d'abondance (recrutement, stock résidant et production de reproducteurs) là où il y a eu déclin et démontrer des augmentations de ces indices à l'intérieur d'une génération, et là où des points de référence ont été définis, accroître l'abondance à l'extérieur de la zone critique.	Rétablir l'abondance globale de l'anguille d'Amérique dans des régions du Canada et dans tout le pays aux niveaux du milieu des années 1980 selon les principaux indices d'abondance disponibles.	Rétablir et maintenir l'abondance dans la zone saine du cadre de l'approche de précaution.

Cible de répartition

La situation actuelle par rapport aux cibles de rétablissement de l'aire de répartition à court terme des zones d'évaluation du potentiel de rétablissement est résumée dans le tableau 4. La cible immédiate – cesser la progression de la perte d'habitat accessible – a été atteinte dans toutes les zones d'évaluation du potentiel de rétablissement; toutefois, la possibilité d'accès en amont aux zones devenues inaccessibles a été documentée seulement dans le bassin du Saint-Laurent (tableau 4). Dans l'ensemble de l'est du Canada, la cible de répartition à court terme a peut-être été atteinte, mais la cible à moyen terme ne l'a pas été (Tableau 4).

Tableau 4. Situation actuelle (16 dernières années) de l'habitat accessible à l'anguille d'Amérique par rapport aux cibles de rétablissement pour la répartition à court et à moyen terme dans les quatre zones d'évaluation du potentiel de rétablissement. L'atteinte (vérifier la marque, ✓) ou non (un x, ✗) de la cible de répartition à court terme par zone d'évaluation du potentiel de rétablissement et pour tout le Canada est aussi fournie.

Bassin du Saint-Laurent	Nord du golfe et Terre-Neuve-et- Labrador	Sud du golfe du Saint-Laurent	Scotia-Fundy	Canada
Cible à court terme				
Aucun habitat n'a été rendu inaccessible dans les 16 dernières années. L'accès à l'amont fourni dans la rivière Richelieu en 1998 a rétabli l'accès à une zone précédemment inaccessible. ✓	Nombre limité d'habitats inaccessibles. Aucun changement dans le nombre d'habitats inaccessibles. ✗	Il n'y a qu'un barrage hydroélectrique commercial dans la région, mais de nombreux obstacles peu élevés causent une fragmentation des habitats. Des améliorations des installations de traversée des cours d'eau et le retrait d'un nombre limité de petits barrages devraient avoir amélioré l'accès. ✓	Aucun habitat n'a été rendu inaccessible dans les 16 dernières années. Pas de changement au chapitre de l'accès aux habitats inaccessibles pendant les 16 dernières années. ✗	Légère augmentation de l'habitat accessible aux anguilles. ✓
Cible à moyen terme				
À part l'accès à l'amont fourni sur la rivière Richelieu en 1998, aucun progrès n'a été réalisé pour le rétablissement de l'aire de répartition des habitats perdus pendant les trois dernières générations. ✗	Nombre limité d'habitats inaccessibles. Aucun changement dans le nombre d'habitats inaccessibles. ✗	Nombre inconnu d'habitats rendus inaccessibles de façon chronique en raison des nombreux obstacles peu élevés et de la fragmentation des habitats. Des améliorations des installations de traversée des cours d'eau et le retrait d'un nombre limité de petits barrages devraient avoir amélioré l'accès. ✓	Aucun changement au chapitre de l'accès aux habitats inaccessibles qui ont été perdus depuis trois générations. ✗	Les habitats accessibles aux anguilles sont toujours beaucoup moins nombreux que ceux disponibles il y a trois générations. ✗

Cible d'abondance

Les cibles à court terme de rétablissement de l'abondance des zones d'évaluation du potentiel de rétablissement et la situation actuelle des indicateurs par rapport aux cibles à court terme sont résumées dans le tableau 5. La cible à court terme consistant à mettre fin au déclin et à montrer les augmentations des indices a été atteinte pour le stade biologique du recrutement, mais l'augmentation du recrutement doit encore se manifester dans des améliorations des

indices de la biomasse (tableau 5). Au Canada, globalement, les cibles à court terme n'ont pas été atteintes pour tous les stades biologiques (tableau 5).

Tableau 5. Définition de la cible à court terme, de la tendance des indicateurs d'abondance pour la période des années 1980 et de la tendance des indicateurs d'abondance pendant les 16 dernières années, par stade biologique et par zone d'évaluation du potentiel de rétablissement. ↑ représente une augmentation significative du point de vue statistique ($p < 0,05$) de l'abondance, ⇔ représente aucun changement de l'indice d'abondance et ↓ représente une diminution significative du point de vue statistique de l'abondance. Le résumé des tendances des indicateurs et une évaluation de l'atteinte (✓) ou de la non-atteinte (✗) des cibles à court terme pour le Canada sont aussi présentés. Les tendances de la période récente pour les indices qui n'ont pas été surveillés dans les années 1980 sont identifiées par un symbole de tendance entre parenthèses. Les indices d'abondance sont décrits dans le tableau 2.

Stade biologique	Bassin du Saint-Laurent	Nord du golfe et Terre-Neuve-et-Labrador	Sud du golfe du Saint-Laurent	Scotia-Fundy	Canada
Cible à court terme	Mettre fin au déclin, montrer une augmentation				
Tendance des indicateurs pour lesquels les données remontent aux années 1980 (25 à 32 ans)					
Recrutement	⬇️				Probablement en déclin ⬇️
Stock résidant	⬇️	↔️	⬆️	⬇️	Probablement en déclin ⬇️
Production de reproducteurs	⬇️				Probablement en déclin selon l'indice de production de reproducteurs et les tendances relatives aux indices des stocks résidants ⬇️
Tendance (pendant les 16 dernières années) des indicateurs					Atteinte de la cible à court terme
Recrutement	⬆️ (⬆️)			(↔️)	Probablement atteinte
Stock résidant	⬇️	⬇️	↔️ (⬆️)	⬇️	Non atteinte
Production de reproducteurs	↔️				Probablement pas atteinte compte tenu de l'état du stock résidant

Des valeurs moyennes des cibles de rétablissement de l'abondance ont été définies pour les indices de recrutement, du stock résidant, et de la production de reproducteurs pour certaines zones d'évaluation du potentiel de rétablissement (tableau 6). Les cibles de rétablissement à moyen terme de l'abondance sont les valeurs moyennes des indices pendant le milieu des années 1980 qui, aux fins de la présente évaluation, ont été choisies comme valeur moyenne des données disponibles pour la période de 1981 à 1989 (tableau 6). Le seul indice disponible de recrutement du bassin du Saint-Laurent indique que la valeur moyenne de l'indice pour les cinq dernières années n'est que de 6 % de la valeur moyenne dans les années 1980 et que, par conséquent, la cible à moyen terme n'a pas été atteinte (tableau 6). Pour les indices du stock résidant, les cibles à moyen terme n'ont pas été atteintes dans trois zones d'évaluation du potentiel de rétablissement, la valeur moyenne des indices des cinq dernières années allant de 0,2 % à 47 % des cibles à moyen terme (tableau 6). La seule exception est dans la zone du sud du golfe du Saint-Laurent, où la valeur moyenne de l'indice des cinq dernières années est estimée à 141 % de la cible de rétablissement à moyen terme. Un indice de production de reproducteurs est disponible seulement pour le bassin du Saint-Laurent et il indique que la cible

de rétablissement à moyen terme n'a pas été atteinte. À l'échelle du Canada, les cibles de rétablissement à moyen terme pour l'ensemble des stades biologiques n'ont pas été atteintes, mais les indices des stades du recrutement et de l'abondance des reproducteurs portent uniquement sur le bassin du Saint-Laurent (tableau 6).

Tableau 6. Valeurs (moyenne et étendue pour la période de 1981 à 1989) de la cible d'abondance à moyen terme, valeur moyenne (portée) des indicateurs pour les cinq dernières années avec des données disponibles et pourcentage de l'objectif à moyen terme pour les cinq dernières années, par stade biologique et par zone d'évaluation du potentiel de rétablissement. Les conclusions relatives à l'atteinte (✓) ou à la non-atteinte (✗) de la cible à moyen terme par zone d'évaluation du potentiel de rétablissement et pour l'ensemble du Canada sont aussi présentées. S.O. signifie qu'aucun indice n'est disponible. Les indices d'abondance sont décrits dans le tableau 2.

Stade biologique	Bassin du Saint-Laurent	Nord du golfe et Terre-Neuve-et-Labrador	Sud du golfe du Saint-Laurent	Scotia-Fundy	Canada
Cible à moyen terme (indice, moyenne et étendue pour les données disponibles)					
Recrutement	Indice de l'échelle des anguilles Moses-Saunders 647 400 213 200 à 1 313 600	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
Stock résidant	Indice composé des relevés du lac Ontario 2 844 1 044 à 4 332	Indice composé des comptes aux barrières 122 18 à 225	Indice composé de l'abondance dans la pêche électrique par 100 m ² 0,4 0,2 à 0,7	Indice composé de l'abondance dans la pêche électrique par 100 m ² 2,8 2,80 à 2,89	S.O.
Production de reproducteurs	Indice composé des captures (nombre) dans les filets-trappes estuariens 756 285 à 1 016	S.O.	S.O.	S.O.	S.O.
État (moyenne pour les cinq dernières années, étendue) des indices et moyenne relative (%) à la cible à moyen terme					Atteinte de la cible à moyen terme
Recrutement	38 809 20 214 à 51 200 6 % de la cible ✗	S.O.	S.O.	S.O.	Probablement pas atteinte ✗
Stock résidant	5 0 à 18 0,2 % de la cible ✗	39 19 à 58 32 % de la cible ✗	0,6 0,1 à 0,9 141 % de la cible ✓	1,3 1,3 à 1,4 47 % de la cible ✗	Non atteinte ✗
Production de reproducteurs	526 469 à 604 70 % de la cible ✗	S.O.	S.O.	S.O.	Probablement pas atteinte ✗

Trajectoires des populations et potentiel de rétablissement

Modèle de population

Des difficultés importantes de modélisation sont associées à l'anguille d'Amérique en raison de la nature panmictique et de la vaste aire de répartition géographique de l'espèce, du manque d'estimations de l'abondance et de l'évaluation quantitative de toute l'espèce de même que des lacunes cruciales dans les connaissances du cycle vital de l'anguille d'Amérique particulièrement associé à la dynamique de recrutement des civelles (transparentes) dans les eaux continentales. Pour le moment, il n'était pas possible de construire un modèle quantitatif de l'abondance calibré selon les observations. Au lieu de cela, un modèle de population équilibré a été utilisé pour examiner et comparer les dynamiques possibles compte tenu des diverses hypothèses au sujet du cycle biologique de l'anguille d'Amérique. L'exploration de ce modèle a révélé que les prévisions quantitatives au sujet de l'anguille d'Amérique sont très sensibles aux hypothèses structurelles comme la dynamique de recrutement dans les eaux continentales des anguilles au stade de larve. Toutefois, des tendances qualitatives ont été observées dans les élasticités (sensibilité du taux de croissance de la population aux changements des valeurs de paramètre du cycle biologique), les dynamiques attendues à long terme (stable) et les trajectoires simulées.

L'information actuelle sur les taux vitaux pour l'anguille d'Amérique a été compilée et utilisée dans un modèle de matrice de projection de la population (Cairns *et al.* 2014; Young et Koops 2014). Le modèle de matrice de population a été utilisé pour prévoir l'abondance dans l'avenir à des intervalles d'un an. À chaque étape, on a consigné l'abondance pour chaque stade biologique (leptocéphale, civelle, anguille jaune mâle/femelle, anguille argentée mâle/femelle) et dans chaque zone d'évaluation du potentiel de rétablissement. On a comparé les dynamiques transitoires (court terme, non équilibrées) pour des hypothèses contradictoires sur la répartition des larves et avec divers états de la population (stable, une zone en déclin, une zone en croissance, combinaison de déclin et croissance).

Hypothèses

La population était structurée selon les sept zones d'évaluation du potentiel de rétablissement (EPR) dans lesquelles on présumait que les caractéristiques biologiques des anguilles étaient homogènes : bassin du Saint-Laurent (SL), nord du golfe du Saint-Laurent et Terre-Neuve-et-Labrador (NG), sud du golfe du Saint-Laurent (SG), Scotia-Fundy (SF), côte nord de l'Atlantique (AN), côte centrale de l'Atlantique (AC) et côte sud de l'Atlantique (AS) (figure 2; tableau 1). Les paramètres des caractéristiques biologiques étaient tirés des données empiriques de chaque zone (longueur et poids selon l'âge, fécondité, sexe-ratio des anguilles argentées), à partir des dynamiques modélisées (croissance individuelle, probabilité de passage au stade d'anguille argentée, recrutement partiel par rapport au taux de mortalité par pêche) et selon la théorie du cycle biologique (mortalité naturelle due à l'âge). Parmi les autres hypothèses importantes concernant la structure du modèle, mentionnons les suivantes : aucune dépendance au sexe-ratio (la reproduction dépend seulement de l'abondance des femelles, on présume que l'abondance des mâles est suffisante) et aucune dépendance à la densité pour la survie à un stade donné. Les valeurs de mortalité anthropique ont été établies de la façon suivante : taux de mortalité par pêche d'individus pleinement recrutés = 0,1 pour toutes les zones, taux de mortalité due aux turbines pour la zone SL seulement = 0,17. Avec la situation de départ de la croissance de la population en équilibre (abondance stable), la mortalité pendant la première année (survie de l'œuf au leptocéphale) a été rajustée pour correspondre à une situation équilibrée dans chaque zone.

L'hypothèse de la modélisation la plus importante et la plus incertaine était la fonction qui amène et distribue les civelles (transparentes) sur le continent à partir de la frayère dans la mer des Sargasses. Les résultats de trois hypothèses de répartition des larves examinées par Young et Koops (2014) sont présentés ci-dessous :

- A. Attraction de l'eau seulement (AE): les leptocéphales sont répartis dans chaque zone d'EPR de façon proportionnelle à la grandeur des bassins hydrographiques de l'Amérique du Nord qui se jettent dans l'océan Atlantique à partir de chaque zone (hypothèse de l'« attraction de l'eau »). Les proportions de la grandeur des bassins versants par zone sont les suivantes : SL = 0,265, NG = 0,234, SG = 0,027, SF = 0,063, AN = 0,099, AC = 0,122, AS = 0,190. Par exemple, 26,5 % de tous les leptocéphales produits seraient destinés à retourner dans la zone SL alors que seulement 2,7 % du total seraient destinés à retourner dans la zone SG.
- B. Hypothèse hybride de l'effet maternel et de l'attraction de l'eau (HAE): fort effet maternel (95 % des leptocéphales produits sont répartis dans les zones d'EPR selon les proportions des femelles provenant de chaque zone) et faible effet d'attraction de l'eau (5 % de tous les leptocéphales sont répartis dans les zones d'EPR comme dans le scénario A).
- C. Hypothèses hybrides de l'effet maternel et du plus proche voisin (HPV): forts effets maternels comme dans le scénario B et écartement dans les zones avoisinantes (5 % des leptocéphales produits par les femelles de chaque zone sont répartis en proportions égales dans les zones avoisinantes).

Sensibilité de la population

L'évaluation de la sensibilité de la population est examinée par des analyses des perturbations de la matrice de projection de la population. La sensibilité du modèle est quantifiée par les élasticités (ε_v) que l'on peut utiliser pour décrire le changement attendu en pourcentage dans le taux de croissance de la population à long terme ($\Delta\lambda$) en raison du changement en pourcentage de l'indice vital (Δv) :

$$\Delta\lambda = \varepsilon_v \cdot \Delta v$$

Des augmentations des indices vitaux liés à la mortalité (valeurs de mortalité naturelle, proportion de recrutement dans les engins de pêche selon l'âge et mortalité due aux turbines) ont entraîné des diminutions du taux de croissance de l'abondance, comme le supposent les valeurs d'élasticité négatives pour ces indices vitaux. Cependant, des augmentations de la proportion d'individus atteignant la maturité selon l'âge, de la fécondité ou de la proportion de femelles et de la proportion de larves réparties dans les zones ont eu des effets positifs sur le taux de croissance de l'abondance (figure 15).

À l'exception de la zone AS, les changements au chapitre de l'abondance étaient surtout sensibles aux valeurs de mortalité des leptocéphales (figure 15). Pour la zone AS, les taux de mortalité des civelles et des anguilles jaunes étaient les plus influents (figure 15). La sensibilité aux valeurs des paramètres de mortalité diminue avec l'âge. Cette tendance était vraie pour toutes les hypothèses de répartition des larves. Les élasticités de la mortalité par pêche, du recrutement aux engins, de la fécondité, du pourcentage de femelles, de la maturation et des proportions de répartition des larves étaient toutes inférieures ($< 0,02$) à celles des taux de mortalité naturelle. Dans la zone SL, l'élasticité de la mortalité due aux turbines était très faible ($\sim -0,003$).

L'importance de chaque zone (c.-à-d. la sensibilité des changements au chapitre de l'abondance de toute l'espèce dans une zone par rapport aux autres) variait énormément selon

les hypothèses de répartition des larves (figures 15 et 16). Avec les hypothèses d'attraction de l'eau ou les hypothèses hybrides de l'effet maternel et de l'attraction de l'eau, l'abondance globale de l'espèce était généralement plus sensible aux changements dans les zones SL et NG, principalement parce que ces deux zones présentent les proportions les plus importantes en terme de bassins versants et, en conséquence, les proportions les plus importantes de leptocéphales leur étaient attribuées (figure 15). Avec les hypothèses hybrides de l'effet maternel et du plus proche voisin, les élasticités pour de nombreux taux (mortalité des leptocéphales, maturité, fécondité) étaient plus élevés dans les zones NG, SG et SF (figure 16). Les élasticités de la mortalité des civelles augmentaient des zones du nord à celles du sud, et la mortalité des anguilles jaunes était d'importance relativement constante d'une zone à l'autre.

Dans la zone NG, la mortalité par pêche avait l'effet le plus important sur l'abondance pour toutes les hypothèses. Selon les hypothèses d'attraction de l'eau, la mortalité par pêche avait un effet minime dans les zones SL, SG ou SF et un effet modérément important dans les trois zones de la côte de l'Atlantique aux États-Unis (figure 15). Avec les hypothèses hybrides de l'effet maternel et du plus proche voisin, la pêche avait plus d'influence dans les zones SF, AN et AC. Les différences dans les élasticités de la mortalité par pêche d'une zone à l'autre étaient dues aux différences relatives aux limites de taille minimale présumées et aux taux de croissance des anguilles dans chaque zone; si une pêche à l'anguille jaune était incluse dans la zone SL, l'élasticité était aussi importante que celle de la zone NG.

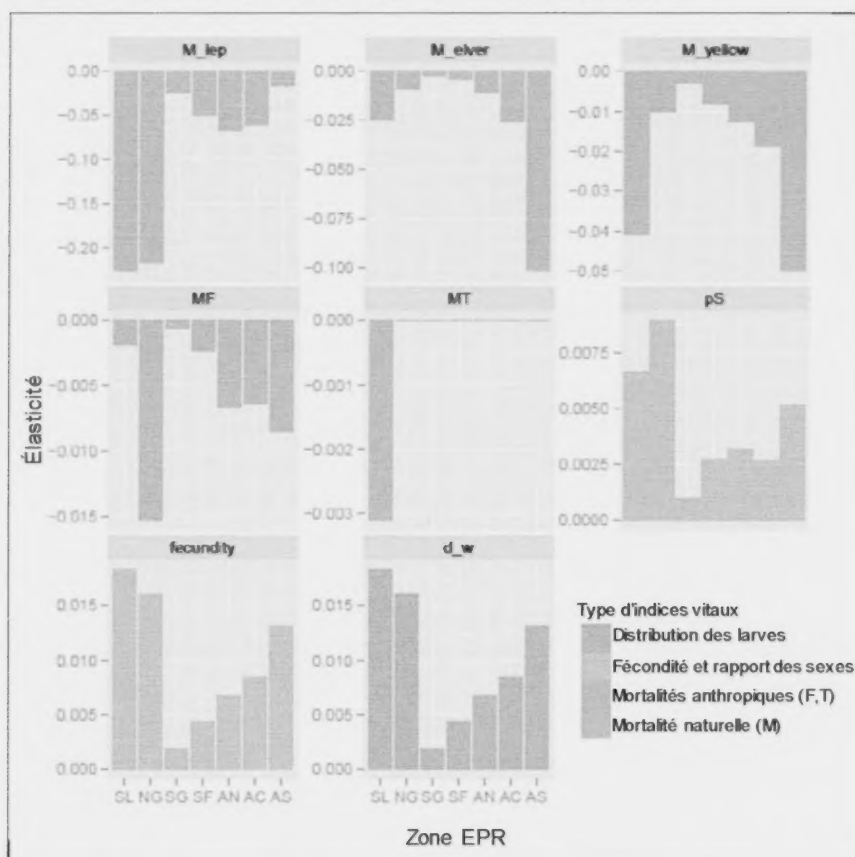


Figure 15. Résumé des élasticités des indices vitaux pour un taux de croissance de l'abondance nul ($\lambda = 1$) par zone d'EPR selon les hypothèses d'attraction de l'eau. Les acronymes des indices vitaux sont les suivants : *M_lep* = mortalité des leptocéphales, *M_elver* = mortalité des civelles, *M_yellow* = mortalité des

anguilles jaunes, MF = mortalité par pêche ou probabilité de recrutement dans un engin, MT = mortalité due aux turbines, pS = probabilité de maturation, fecundity = fécondité (ou proportion de femelles), et d_w = proportion de répartition des larves dans chaque zone d'EPR.

L'établissement des paramètres de changement relatif de l'abondance de l'anguille d'Amérique dans chaque zone (croissance, stable ou en déclin) a aussi eu de l'influence sur les élasticités. En conséquence, la situation de l'anguille dans chaque zone est très pertinente au moment d'interpréter l'analyse de l'élasticité dans le contexte des interventions de gestion. Dans la zone SL, quand des diminutions dues à la mortalité anthropique étaient simulées dans toutes les zones d'EPR, le changement global au chapitre de l'abondance de l'espèce était beaucoup plus sensible aux changements que quand l'abondance était stable.

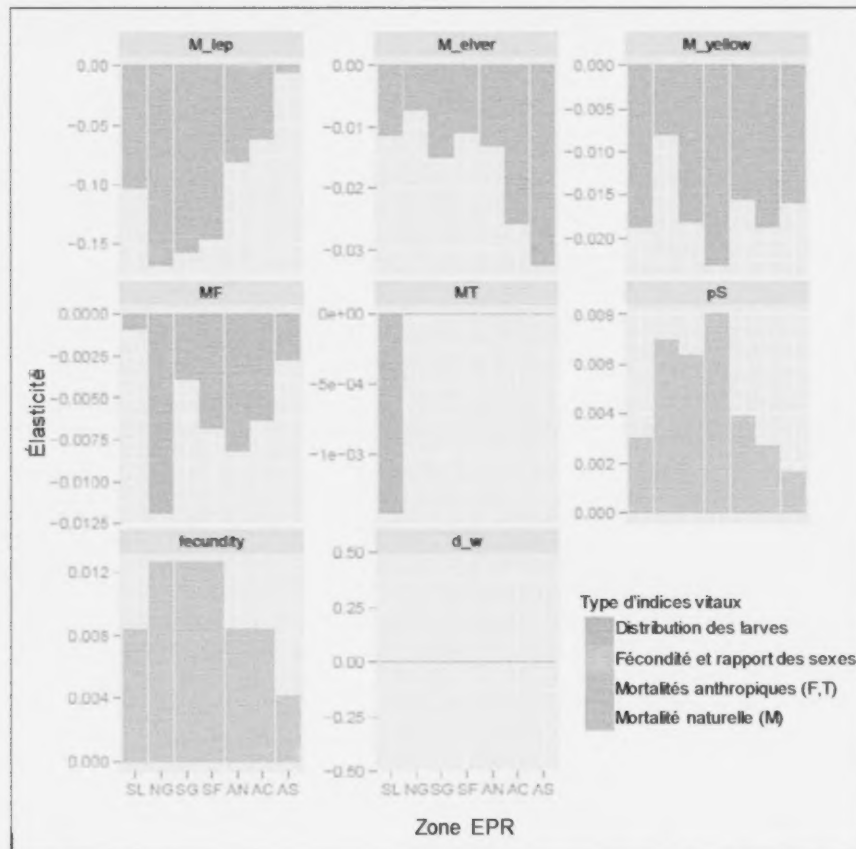


Figure 16. Résumé des élasticités des indices vitaux pour une abondance stable (taux de croissance de zéro; $\lambda = 1$) par zone d'EPR selon les hypothèses hybrides de l'effet maternel et du plus proche voisin. Les acronymes des indices vitaux sont ceux décrits dans la figure 15.

Prévisions concernant les populations

On a procédé aux projections de tendance de la population à partir d'une abondance de 50 milliards de leptocéphales répartis selon les hypothèses d'attraction de l'eau (répartition pas stable). On a comparé les dynamiques transitoires (court terme, non équilibrées) aux hypothèses de répartition des larves et aux divers états de croissance (toutes les zones stables, zone SL en déclin, zone SG en croissance, zone SL en déclin et zone SG en augmentation).

Les zones présentaient différents degrés de dynamiques transitoires de durée variable. Le temps de convergence sous l'hypothèse d'effet maternel absolu (EM) variait d'environ 30 ans (pour les zones SL, NG et SG) à 120 ans pour la zone AS, et il y avait une forte corrélation négative en celui-ci et la distance par rapport à la frayère ($r = -0,90$) et la latitude ($r = -0,97$). Le degré de dynamiques transitoires différait entre les hypothèses de répartition des larves. Les dynamiques transitoires étaient brèves selon l'hypothèse d'attraction de l'eau (AE) par rapport à l'hypothèse EM, la convergence se produisant après 16 ans. Selon les hypothèses hybrides avec 5 % de leptocéphales répartis selon l'attraction de l'eau (HAE) ou le plus proche voisin (HPV), le temps de convergence de la population était de plus de 1 000 ou 4 000 ans, respectivement, et l'abondance continuait d'augmenter pendant des centaines d'années avant de se stabiliser. En général, si les larves sont réparties sans effet maternel quel qu'il soit (par attraction de l'eau ou selon une autre hypothèse), la convergence vers un état stable se fera généralement plus rapidement que si des effets maternels sont en cause. Il est important de tenir compte des dynamiques transitoires parce qu'elles peuvent être contre-intuitives; les abondances dans les zones où les indices vitaux sont stabilisés peuvent continuer à augmenter ou à diminuer pendant un certain temps avant de se stabiliser et dans les zones dont les indices vitaux diminuent peuvent sembler stables ou en augmentation à court terme.

Une zone en déclin peut gagner du recrutement s'il y a une quantité de leptocéphales qui sont répartis selon des effets non-maternels. Avec un déclin simulé dans la zone SL (avec une mortalité par pêche établie à 0,4 et une mortalité due aux turbines de 0,17) et avec des effets maternels incomplets, toutes les zones ont convergé au même taux de déclin. Même si toutes les zones ont fini par en arriver à l'extinction, le taux de déclin dans la zone SL était plus lent que selon l'hypothèse EM en raison d'un effet de recrutement temporaire provenant d'autres zones. Le déclin était plus lent selon les hypothèses hybrides de répartition que pour l'hypothèse d'AE (HAE et HPV, $\lambda = 0,999$; AE, $\lambda = 0,992$). Cependant, des effets maternels forts (mais partiels) ont causé des dynamiques transitoires contre-intuitives; la zone SL a diminué immédiatement, mais plusieurs autres zones ont connu une croissance pendant des centaines d'années avant qu'un déclin soit observé.

Il est possible que la croissance dans une zone compense les déclins ailleurs, mais les résultats dépendent des hypothèses concernant la répartition des larves. Quand on a simulé la croissance dans la zone SG en réduisant de moitié le taux de mortalité des leptocéphales de cette zone, la zone SG agissait comme source, et toutes les zones ont connu une croissance (au même taux) à long terme. Avec un déclin simulé dans la zone SL et une croissance simulée dans la zone SG, tel que mentionné ci-haut, les taux de croissance de la population ont diminué selon les hypothèses d'AE, mais le taux de croissance a augmenté (en raison de l'effet de sauvetage à partir de la zone SG) selon les hypothèses hybrides de HAE et HPV. Ces résultats sont propres aux valeurs de l'indice vital utilisées et ne supposent aucune capacité biotique dans ces zones (y compris la zone de croissance).

Aires de répartition stable selon le stade

Les distributions stables des stades (DSS) indiquent les tendances relatives à la répartition des stades compte tenu des hypothèses du modèle et en l'absence d'une variation significative des paramètres. En supposant qu'une population est à l'état stable, les DSS peuvent être utilisées pour déduire l'abondance dans d'autres zones ou d'autres stades biologiques si l'abondance de l'un des stades biologiques est connue. L'abondance relative d'une zone à l'autre pourrait être utilisée pour déduire le soutien d'une hypothèse plus qu'une autre. Du point de vue analytique, les DSS s'appuyaient sur les valeurs du vecteur caractéristique de la matrice de la population.

Les DSS étaient les mêmes pour tous les scénarios de répartition de l'hypothèse HAE, quelle que soit l'importance des effets maternels. Les DSS variaient d'une zone à l'autre (figure 17).

Par exemple, plus de 99 % de la population totale d'anguilles était composée de leptocéphales se dirigeant vers la zone AS. Des anguilles à tous les stades biologiques étaient concentrées dans la zone AS, la prochaine proportion la plus importante se trouvant dans la zone AC et certaines des proportions les plus faibles, dans les zones NG et SL (figure 17). À l'état stable, 87 % des reproducteurs provenaient des trois zones des États-Unis (50 % provenaient de la seule zone AS). Cependant, la production relative d'œufs (nombre d'anguilles argentées femelles multiplié par la fécondité propre à la zone) de chaque zone était fortement liée à la proportion de leptocéphales répartis dans cette zone; c.-à-d. la répartition des leptocéphales sans l'effet maternel permettait de bien prévoir la production d'œufs d'une zone donnée ayant une population stable (tableau 7).

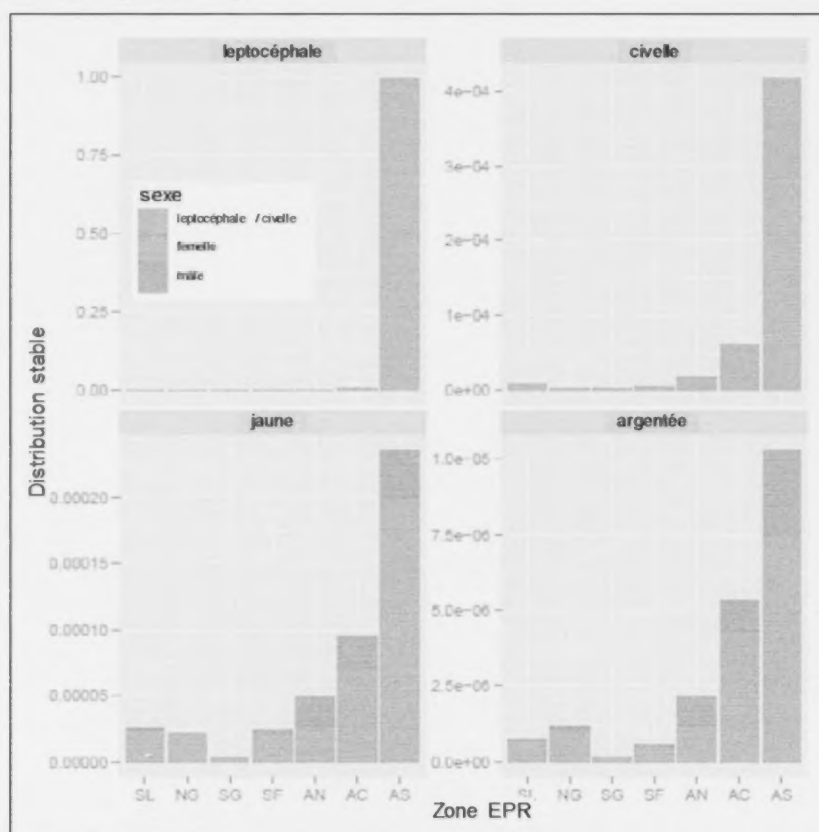


Figure 17. Distribution stable par stade (DSS) en situation de croissance stable dans chaque zone d'EPR, selon l'hypothèse de la dispersion HAE, résumée selon le stade (leptocéphale, civelle, jaune, argentée) et le sexe (mâle, femelle, non déterminé dans le cas du leptocéphale et de la civelle).

La DSS pour l'hypothèse HAE était semblable à celle de l'hypothèse HPV à travers les stades. Cependant, la distribution relative des stades était différente selon la zone; les anguilles jaunes et argentées étaient relativement moins concentrées dans la zone AS et plus également réparties dans les zones SF, AN et AC, même si les proportions dans les zones SL, NG et SG étaient encore plus faibles (figure 18). La production relative d'œufs était aussi différente des proportions de reproducteurs dans les zones présentant la plus importante production relative d'œufs parmi les zones NG, SG et SF (tableau 7).

En général, la DSS était déterminée par la méthode de répartition des larves non-associée à l'effet maternel (AE, PV) et n'était pas influencée par la force des effets maternels, même si ce facteur influençait le temps de convergence de la DSS.

Tableau 7. Résumé des caractéristiques de l'anguille argentée selon les zones à partir de deux hypothèses de dispersion larvaire (effets maternels couplés à l'attraction de l'eau [HAE], et effets maternels couplés à la distance au plus proche voisin [HPV]) dans des conditions stables (stock actuel, SS) et de déclin de l'abondance. Les caractéristiques suivantes sont résumées : la proportion des femelles au moment de la différenciation sexuelle (par défaut); la proportion de femelles à distribution stable des stades (SS); les proportions relatives pour la totalité des anguilles argentées; les proportions relatives d'anguilles argentées femelles, et les proportions relatives de la production d'œufs par zone. Les deux hypothèses de dispersion ont été modélisées (voir la description dans le corps du document). Dans le scénario de déclin, l'anguille jaune subit les pressions de la pêche ($MF_z = 0,1$) dans toutes les zones sauf SL et de la mortalité due aux turbines ($MT_{SL} = 0,17$) seulement dans la zone SL. L'astérisque indique une proportion inférieure à 0,01.

Hypothèse	Zone	Prop. de femelles			Total anguilles argentées		Anguilles argentées femelles		Production totale d'œufs	
		Défaut	SS	Déclin	SS	Déclin	SS	Déclin	SS	Déclin
HAE	SL	1,00	1,00	1,00	0,04	0,66	0,05	0,73	0,26	0,95
	NG	0,95	0,95	0,92	0,08	0,01	0,07	0,01	0,22	0,01
	SG	0,98	0,99	0,98	0,01	0,01	0,01	0,01	0,03	0,01
	SF	0,84	0,90	0,74	0,03	0,02	0,03	0,02	0,06	0,01
	AN	0,58	0,55	0,52	0,11	0,02	0,08	0,01	0,10	0*
	AC	0,82	0,71	0,80	0,26	0,08	0,28	0,07	0,12	0,01
	AS	0,73	0,87	0,69	0,51	0,20	0,48	0,15	0,21	0,01
HPV	SL	1,00	1,00	1,00	0,02	0,71	0,03	0,72	0,12	0,84
	NG	0,95	0,95	0,92	0,06	0,03	0,07	0,03	0,18	0,02
	SG	0,98	0,98	0,98	0,07	0,24	0,08	0,24	0,19	0,14
	SF	0,84	0,84	0,75	0,11	0,02	0,12	0,01	0,19	0,01
	AN	0,58	0,58	0,52	0,17	0*	0,13	0*	0,12	0*
	AC	0,82	0,82	0,80	0,35	0*	0,37	0*	0,13	0*
	AS	0,73	0,73	0,69	0,22	0*	0,20	0*	0,07	0*

La DSS dépend grandement de l'état de stabilité ou de déclin de l'abondance. Si le déclin est forcé par une augmentation de la mortalité par pêche dans chaque zone, la DSS varie énormément d'une zone à l'autre pour l'hypothèse HAE (figure 19) et l'hypothèse HPV. La différence la plus frappante a trait au déplacement des anguilles argentées des zones méridionales à la zone SL, autant pour l'hypothèse HAE (66 % dans la SL) que pour l'hypothèse HPV (71 %). De plus, dans ce scénario, de 84 % à 95 % de la production d'œufs provient de la zone SL pour les hypothèses HAE et HPV (tableau 7). Cette importante différence est partiellement attribuable aux tailles minimales présumées pour la pêche dans chaque zone, et notamment à l'absence de pêche à l'anguille jaune dans la zone SL. Si la pêche à l'anguille jaune est ajoutée dans la zone SL, la majorité des anguilles argentées dans la DSS provient de la zone SG. Il faut en déduire que les résultats sont liés aux valeurs de paramètres utilisées et à la mortalité anthropique simulée, et qu'il est impératif de tenir compte de la situation particulière de chaque zone pour comprendre ses apports relatifs à la production globale d'anguilles.

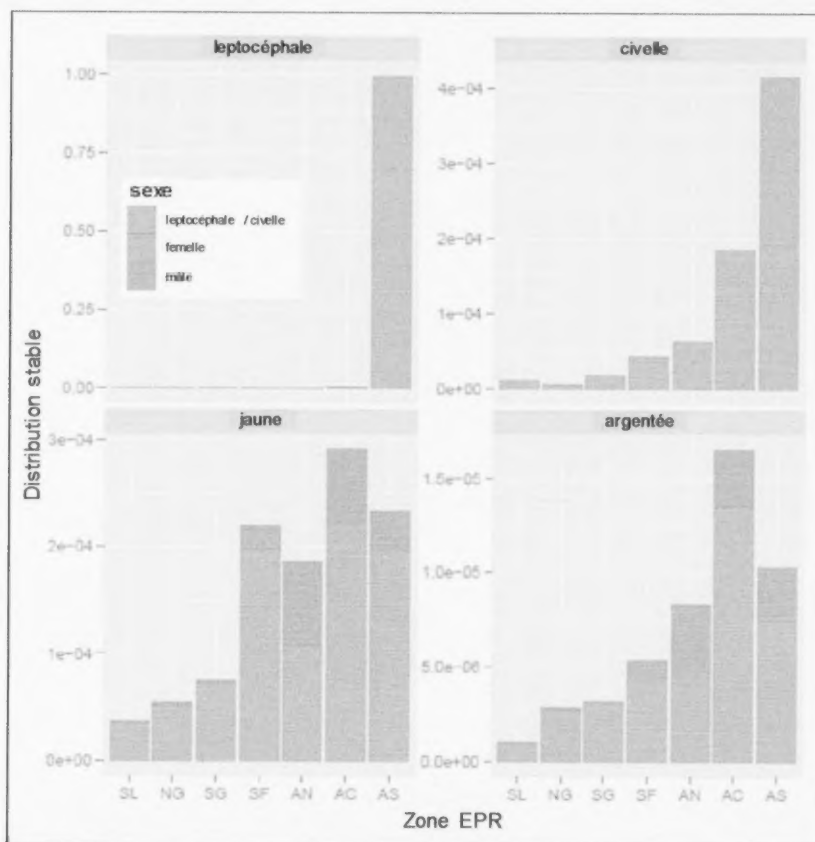


Figure 18. Distribution stable par stade (DSS) en situation de croissance stable dans chaque zone d'EPR, selon l'hypothèse HPV, résumée selon le stade (leptocéphale, civelle, jaune, argentée) et le sexe (mâle, femelle, non déterminé dans le cas du leptocéphale et de la civelle).

Le sexe-ratio au moment de la différenciation reste le même que celui de la DSS selon l'hypothèse HPV, et la différence est très faible selon l'hypothèse HAE (tableau 7). Les deux hypothèses hybrides de dispersion donnent un sexe-ratio stable global de trois femelles pour un mâle environ.

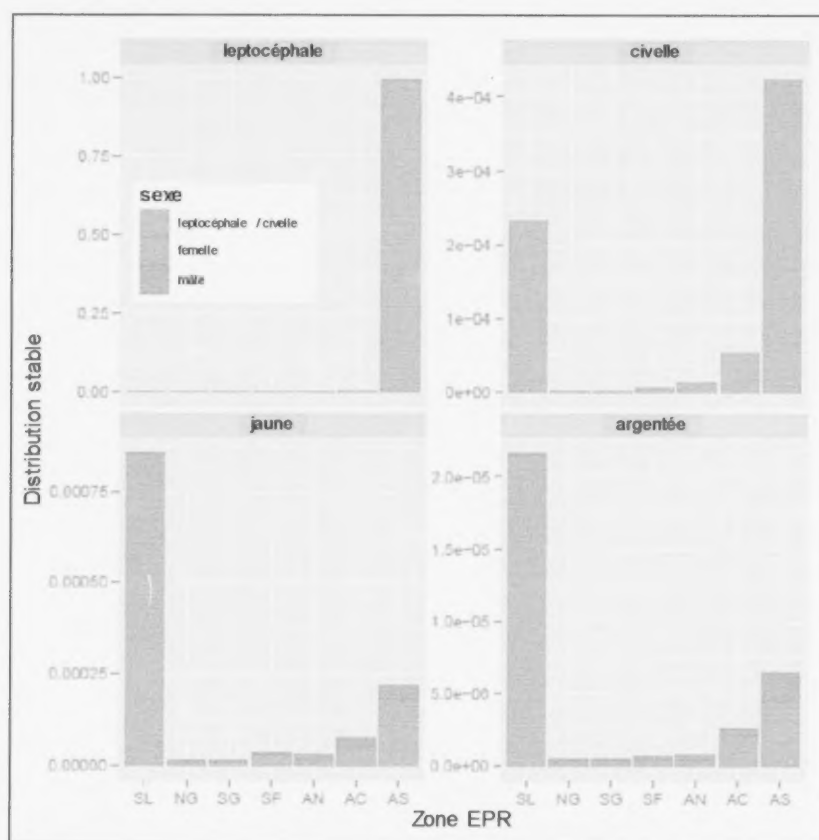


Figure 19. Distribution stable par stade (DSS) dans un contexte de déclin de la croissance dans chaque zone d'EPR, selon l'hypothèse HAE (95 % des larves étant dispersées selon leur origine maternelle), résumée selon le stade (leptocéphale, civelle, jaune, argentée) et le sexe (mâle, femelle, non déterminé dans le cas du leptocéphale et de la civelle).

Menaces pesant sur la survie et le rétablissement

Aux fins de la présente évaluation, est considéré comme une menace tout facteur anthropique ou naturel à l'origine d'un taux de mortalité ou de réduction de la productivité d'une espèce qui est supérieur à ceux qui ont assuré sa pérennité et sa prospérité dans son milieu à l'état naturel (avant toute activité humaine). Les facteurs anthropiques peuvent nuire à l'espèce par de multiples vecteurs, en causant notamment la mortalité directe et immédiate d'animaux à différents stades de leur vie; des blessures rendant les animaux plus vulnérables à divers agents létaux secondaires (maladies, prédation, famine); une réduction ou une limitation de l'accès à l'énergie et aux ressources entraînant une hausse de la mortalité ou une réduction de productivité (fécondité plus faible, réserves d'énergie insuffisantes pour la migration) ou encore, des perturbations du comportement qui peuvent compromettre l'accès de certains animaux aux éléments de leur habitat essentiels à leur alimentation, leur protection, leur croissance et leur survie.

Dans le cadre de l'EPR, l'analyse a porté sur diverses menaces appartenant aux catégories larges suivantes : 1) pêches dirigées; 2) prises accessoires dans les autres pêches; 3) pêches dirigées de proies potentielles; 4) obstacles physiques; 5) quantité d'eau; 6) qualité de l'eau; 7) polluants, produits chimiques et eaux usées; 8) altérations de l'habitat; 9) parasites et maladies; 10) changements écosystémiques; 11) navigation; 12) câbles sous-marins;

13) exploration pétrolière et gazière; et 14) recherche scientifique. Les changements climatiques et leurs incidences sur les conditions océaniques ont été abordés sous l'angle des caractéristiques qui influent sur la survie et le rétablissement.

Chacune de ces menaces a été évaluée sous l'angle de son effet sur les indices vitaux de l'anguille d'Amérique (survie, croissance, comportement et succès reproducteur). L'étendue et la gravité des menaces étant présumées variables d'une région à l'autre de l'est du Canada, le degré de préoccupation lié à chaque menace a été évalué dans les cinq administrations (Ontario, Québec, régions de Terre-Neuve-et-Labrador, du Golfe et des Maritimes de Pêches et Océans Canada).

Pour apprécier le degré de préoccupation, l'ampleur (gravité), l'étendue (spatiale) et la fréquence (temporelle) de chaque menace ont été établies, ainsi que la certitude causale pour l'anguille d'Amérique. Les critères spécifiques de la gravité, de l'étendue et de la fréquence sont énoncés dans Chaput *et al.* (2014a). Le degré de préoccupation est caractérisé comme étant faible, moyen ou élevé en fonction de la gravité et de l'étendue, lesquelles sont considérées comme les axes d'une matrice bidimensionnelle (Chaput *et al.* 2014a).

Le tableau 8 donne un résumé des menaces suscitant un degré de préoccupation moyen ou élevé dans les cinq administrations. Les menaces les plus communes, soit celles qui touchent quatre ou cinq administrations, sont la pêche commerciale des grandes anguilles (jaune ou argentée) ainsi que les obstacles physiques (perte ou fragmentation des habitats). La mortalité due aux turbines constitue une préoccupation élevée en Ontario, et une préoccupation moyenne au Québec et dans la Région MPO des Maritimes (tableau 8). Au total, dans cette dernière région, 10 menaces suscitent un degré de préoccupation moyen (tableau 8).

Le COSEPAC (2012) a identifié les menaces suivantes sur l'anguille d'Amérique dans l'est du Canada :

- les obstacles en eau douce qui freinent considérablement la montaison, entraînant des pertes cumulées importantes dans les habitats de croissance auparavant productifs;
- la mortalité due aux turbines des centrales hydroélectriques;
- la vulnérabilité aux pêches;
- la bioaccumulation des contaminants;
- le nématode exotique de la vessie natatoire;
- les changements climatiques et les changements aux conditions océaniques;
- l'ensemencement d'anguilles recrutées dans la population sauvage.

À l'exception des contaminants et des programmes d'ensemencement, les menaces mentionnées par le COSEPAC (2012) concordent avec l'analyse de Casselman (2003) et celles évaluées durant cet EPR. Les changements climatiques représentent dans cette évaluation un facteur limitant pour la survie et le rétablissement.

Tableau 8 Menaces suscitant un degré de préoccupation moyen ou élevé dans les cinq administrations de l'est du Canada.

Menace	Ontario	Québec	Région de Terre-Neuve- et-Labrador du MPO	Région du sud du golfe du Saint-Laurent du MPO	Région des Maritimes (côte atlantique Nouvelle-Écosse et baie de Fundy) du MPO
Pêches dirigées de l'anguille d'Amérique					
Pêche commerciale (jaune et argentée)	Élevée ¹	Moyenne		Moyenne	Moyenne
Pêche commerciale (civelle)					Moyenne
Obstacles physiques					
Perte d'habitat	Élevée	Élevée	Moyenne	Moyenne	Moyenne
Fragmentation de l'habitat	Moyenne	Moyenne		Moyenne	Moyenne
Mortalité due aux turbines	Élevée	Moyenne			Moyenne
Altérations de l'habitat					
Envasement et sédimentation			Moyenne	Moyenne	Moyenne
Parasites et maladies					
Parasite de la vessie gazeuse				Moyenne	Moyenne
Changements écosystémiques					
Changements aux communautés de proies					Moyenne
Changements aux communautés prédateurs				Moyenne	Moyenne
Envahissement d'espèces non indigènes	Moyenne				Moyenne

¹ En Ontario, la pêche commerciale à l'anguille jaune et argentée suscitant des préoccupations est celle dans le fleuve Saint-Laurent au Québec.

Facteurs limitants pour la survie et le rétablissement

Les menaces qui pèsent sur l'anguille d'Amérique contribuent au déclin du stock actuel et, à terme, au déclin de la production des géniteurs. L'accès entravé aux habitats dulcicoles réduit la production totale des anguilles et, par conséquent, la production de géniteurs. L'abondance réduite de géniteurs est préoccupante sur le plan de la pérennité de l'anguille d'Amérique. La connectivité entre d'importants habitats intérieurs et entre les habitats intérieurs et les aires d'alimentation estuariennes ainsi que les frayères océaniques est déterminante pour la croissance, la dispersion et la migration. On ne sait pas si ces pertes d'habitat et l'étendue de leur fragmentation nuiraient au rétablissement de l'abondance d'anguilles si un plus grand nombre d'anguilles avaient accès aux habitats disponibles en eau douce.

Bien qu'ils n'aient pas été classés parmi les menaces, une hypothèse veut que les changements dans les conditions océaniques découlant des changements climatiques aient un effet sur le taux de recrutement et l'abondance de l'anguille d'Amérique dans les eaux continentales. L'une des causes supputées des baisses enregistrées de l'abondance des anguilles d'Europe et d'Amérique (cours supérieur du fleuve Saint-Laurent et lac Ontario) serait l'incidence des changements dans le milieu océanique sur l'abondance et la survie des leptocéphales, ainsi que sur le processus de recrutement des civelles dans les eaux continentales. Des travaux scientifiques récents fournissent des preuves corrélationnelles des effets du climat océanique sur le recrutement des anguilles, possiblement dus aux effets croisés de la rareté alimentaire (leptocéphales affamés) et des variations dans la puissance et l'orientation du Gulf Stream (ces facteurs ayant un rôle dans la période de métamorphose et de déentraînement vers le continent). Le climat océanique, possiblement en interaction avec le déclin de l'abondance des géniteurs, pourrait contribuer à la chute des indices de recrutement des juvéniles dans le lac Ontario et, concurrentement, au maintien de l'apport abondant de civelles dans les eaux continentales des autres régions de l'est de l'Amérique du Nord. L'une des mesures envisagées pour endiguer le déclin des taux de recrutement dans les zones de production les plus éloignées (bassin du Saint-Laurent) consiste à transférer des individus en début de vie (civelles transparentes ou pigmentées) des zones côtières, où le recrutement est bon, vers les zones intérieures, où le recrutement est faible. Cette expérience d'ensemencement a été tentée en Ontario de 2006 à 2010 (Pratt et Mathers 2011; Pratt et Threader 2011) afin d'augmenter l'abondance des anguilles d'Amérique dans les habitats de croissance productifs où le recrutement naturel est faible. On ne connaît pas encore l'apport de l'ensemencement à la production de l'anguille argentée et, subséquemment, au taux de recrutement de la génération suivante.

Mesures d'atténuation, de substitution et d'amélioration

Des mesures d'atténuation, de substitution et d'amélioration axées sur les menaces suscitant un degré de préoccupation moyen ou élevé ont été évaluées (tableau 8; Chaput *et al.* 2014b).

Pêche commerciale à l'anguille jaune et argentée

La pêche commerciale à l'anguille jaune et argentée peut être assujettie à des contrôles de l'effort et des prises (tableau 9). L'efficacité de ces mesures d'atténuation dépend de l'importance de l'effort latent associé à ces pêches. L'effort latent correspond à la partie inutilisée des permis délivrés ou du type et de la quantité d'engins autorisés. Pour évaluer l'efficacité de tous les types de mesures d'atténuation, il est primordial de disposer de données fiables et complètes sur l'effort actif et les prises, recueillies par l'intermédiaire de programmes d'échantillonnage ciblés et de journaux de bord obligatoires.

Tableau 9. Évaluation des mesures d'atténuation possibles des menaces liées à la pêche commerciale à l'anguille jaune et argentée.

Mesures possibles et mesures de substitution	Mesures particulières	Apport potentiel au rétablissement	Possibilité de quantifier l'apport au rétablissement potentiel
Contrôles de l'effort	Réduction du nombre de permis	Potentiellement efficace pour réduire les prises et les taux d'exploitation; toutefois, l'effort latent est considérable dans les pêches à l'anguille actuelles, sauf en Ontario et au Québec.	Identification requise des titulaires de permis actifs pour établir l'efficacité. Données sur les prises et l'effort (engins utilisés, jours de pêche, dimensions) incomplètes dans presque toutes les régions des Maritimes. Instauration de programmes de journaux de bord obligatoires pour aider la collecte de données essentielles pour évaluer l'efficacité des mesures.
	Réduction du nombre d'engins par permis		
	Modification des dimensions des engins		
	Réduction de la saison de pêche		
	Modification de l'espacement minimal des engins		
	Restriction de l'installation d'engins individuels		
Contrôle des prises	Restrictions liées à la taille (minimale, maximale, les deux)	Réduction de la mortalité cumulée de l'anguille et de la mortalité globale, mais effet nul sur le taux d'exploitation si l'effort n'est pas contrôlé (engins, saisons).	Données requises sur la fréquence de longueur de la pêche pour évaluer les options et les résultats attendus. Données rares dans la plupart des zones de pêche. Instauration de programmes ciblés pour aider la collecte de données.
	Limites des prélèvements (y compris l'achat d'anguilles en vue de l'ensemencement ou les remises à l'eau)	Application possible pour la gestion de la mortalité absolue chez l'anguille. Risque que le contrôle des prises fasse grimper les taux d'exploitation si l'abondance décline et que l'effort de pêche augmente pour maintenir les niveaux de prises.	Identification des titulaires de permis actifs, ainsi que données complètes sur les prises et l'effort requises pour évaluer l'efficacité. Également, indicateurs de l'abondance absolue et relative requis (programmes dirigés, notamment) pour évaluer les taux d'exploitation.

Pêche commerciale à la civelle

Actuellement, la pêche commerciale à l'anguille d'Amérique au stade de la civelle fait l'objet de contrôles serrés (accès limité, quotas individuels et vérification à quai). L'effort latent est soit limité, soit inexistant dans cette pêche. L'une des mesures d'atténuation de la menace attribuable à cette pêche consiste à réduire le nombre de permis et, conséquemment, les quotas annuels (tableau 10). Il est difficile de décrire la menace liée à la pêche à la civelle et l'efficacité des mesures d'atténuation en raison des incertitudes quant au degré de survie dépendant de la densité entre les stades civelle et anguille argentée.

Tableau 10. Évaluation des mesures d'atténuation possibles des menaces liées à la pêche commerciale à la civelle.

Mesures possibles et mesures de substitution	Mesures particulières	Apport potentiel au rétablissement	Possibilité de quantifier l'apport au rétablissement potentiel
Contrôles de l'effort	Réduction du nombre de permis	Aucun effort latent dans cette pêche. Efficace si la réduction des permis s'accompagne d'une réduction des zones de pêche, sans hausse des quotas par permis.	Excellentes données sur les prises et l'effort accessibles pour la région Scotia-Fundy, mais non pour Terre-Neuve, où il se trouve un seul titulaire de permis. Indicateurs requis de l'abondance du stock actuel d'anguilles dans les rivières exploitées ou non pour évaluer l'efficacité. Impossibilité de comprendre l'incidence de la pêche à la civelle sur l'abondance future d'anguilles argentées.
	Pêche par rotation (fermeture annuelle de zones)	Neutralisation de l'incidence de la pêche sur les variations périodiques de civelles recrutant aux rivières, favorisant un rétablissement du stock actuel de civelles dans chacune. Atteinte des niveaux de prélèvement dans un nombre moindre de lieux de pêche, où les taux d'exploitation annuels pourraient augmenter.	
Contrôle des prises	Limites des prélèvements (y compris l'achat de civelles en vue de l'ensemencement ou les remises à l'eau)	Actuellement, gestion de la pêche par voie de quotas individuels et de niveaux maximaux de prélèvement dans la plupart des rivières exploitées. Risque que le contrôle des prises fasse grimper les taux d'exploitation si l'abondance décline et que l'effort des pêches augmente pour maintenir les niveaux de prises.	

Obstacles physiques

Les menaces provenant d'obstacles physiques englobent la perte et la fragmentation des habitats, ainsi que la mortalité due aux turbines. La suppression des obstacles et la réhabilitation du lit naturel de la rivière règlent les problèmes de passage (en aval et en amont), en plus de recréer les conditions propices aux migrations naturelles saisonnières et annuelles à tous les stades de vie des anguilles (tableau 11). La plupart des provinces ont énoncé des lignes directrices concernant les traversées de cours d'eau qui assurent que les installations neuves ou remises en état ne nuisent pas au passage du poisson. Malheureusement, l'application de ces lignes directrices peut laisser à désirer. Différentes mesures sont possibles pour lutter contre la mortalité due aux turbines (Greig *et al.* 2006). Les mesures visant à réduire le taux de mortalité due aux turbines tablent sur la conception, la gestion des eaux, les barrages et les opérations de piégeage-transport pour réduire la proportion et le nombre total d'anguilles en dévalaison qui sont exposées aux turbines et, par conséquent, les taux de mortalité. Diverses mesures de compensation censées réduire la mortalité due à diverses sources anthropiques n'ont aucune incidence sur la mortalité actuelle due aux turbines. Il est possible de quantifier l'efficacité de la plupart de ces mesures d'atténuation.

Tableau 11. Mesures d'atténuation possibles des menaces liées aux obstacles physiques telles que les pertes et la fragmentation des habitats, ainsi que la mortalité due aux turbines.

Mesures possibles et mesures de substitution	Mesures particulières	Apport potentiel au rétablissement	Possibilité de quantifier l'apport au rétablissement potentiel
Perte d'habitat : aménagement d'un passage	Suppression de l'obstacle. Séquence des effets (18) et mesures d'atténuation établies (Coker <i>et al.</i> 2010).	Meilleure solution pour sécuriser les passages en amont et en aval. Facilitation des migrations naturelles saisonnières et annuelles à tous les stades.	Quantification par la voie de programmes de surveillance avant et après.
	Aménagement de passes en amont et en aval. Séquences des effets et mesures d'atténuation établies (Coker <i>et al.</i> 2010).	Facilitation des migrations saisonnières et annuelles à tous les stades. Efficacité moindre que la suppression des obstacles.	
Fragmentation des habitats : aménagement d'infrastructures de traversées de cours d'eau adéquates	Élaboration de lignes directrices visant les nouvelles installations et les remises en état. Séquences des effets et mesures d'atténuation établies (Coker <i>et al.</i> 2010).	Diversification des habitats utilisables par les anguilles. Hétérogénéité des habitats accessibles essentielle à la survie et à la production.	Quantification par la voie de programmes de surveillance avant et après.
Mortalité due aux turbines : conception de turbines sans danger pour les poissons ou aménagement de passages de substitution en aval (Greig <i>et al.</i> 2006).	Conception des turbines	Transformation des installations existantes difficile, mais envisageable pour les nouvelles installations.	Analyses requises pour évaluer le taux de mortalité due aux turbines.
	Gestion de l'eau	Efficacité possiblement fonction du site.	Analyses requises pour évaluer l'efficacité des passages.
	Barrières (physiques, comportementales, de contournement)	Possibilité d'éloigner une proportion élevée d'anguilles des turbines. Dimensions des installations cruciales.	Analyses requises pour évaluer la proportion d'anguilles déviées, probablement site par site.
	Piégeage et transport	Efficacité accrue du programme de piégeage-transport si le taux de mortalité due aux turbines est élevé.	Quantification possible en raison des données recueillies sur le nombre d'animaux piégés et transportés.
	Compensation (rachat des permis de pêche)	Efficacité accrue si la pêche se fait une fois passé le risque de mortalité due aux turbines. Effet nul sur les taux cumulés de mortalité due aux turbines.	Quantification de la baisse des taux d'exploitation attribuable aux programmes de rachat.

Altérations de l'habitat

Les altérations de l'habitat induisent une menace d'envasement et de sédimentation des cours d'eau. La menace peut être gérée et atténuée conformément aux énoncés opérationnels stipulant les conditions ainsi que les mesures à intégrer à un projet pour éviter les répercussions nuisibles sur le poisson et son habitat (tableau 12; Coker *et al.* 2010). D'autres mesures d'atténuation sont énumérées dans Coker *et al.* (2010) pour les activités non visées par un énoncé opérationnel. Le phénomène de la sédimentation des rivières, des fleuves et des estuaires est généralisé dans l'est du Canada, mais on n'en connaît pas l'incidence sur la perte

de productivité des anguilles. L'efficacité des mesures d'atténuation n'a pas non plus été quantifiée (tableau 12).

Tableau 12. Mesures d'atténuation possibles des altérations de l'habitat.

Mesures possibles et mesures de substitution	Mesures particulières	Apport potentiel au rétablissement	Possibilité de quantifier l'apport au rétablissement potentiel
Réduction de l'envasement et de la sédimentation	Élaboration d'énoncés opérationnels pour diverses activités régulières. Séquences des effets et mesures possibles d'atténuation établies pour d'autres activités (Coker <i>et al.</i> 2010).	Méconnaissance du rôle exact de l'envasement et de la sédimentation dans la perte de production des anguilles. En raison de l'attrance des anguilles pour les substrats mous, possibilité que la sédimentation augmente la productivité.	Actuellement impossible à défaut de programmes de recherche ciblés.

Parasites et maladies

Les mesures d'atténuation de la prolifération d'*Anguillicola crassus* (parasite de la vessie natatoire) doivent tenir compte de la propagation par les hôtes intermédiaires et les anguilles vivantes infestées (tableau 13). L'eau de ballast fait partie des vecteurs soupçonnés de la prolifération du parasite qui a gagné l'est du Canada depuis l'est des États-Unis. Conformément à l'alinéa 4(4)b) du *Règlement sur le contrôle et la gestion de l'eau de ballast* (DORS/2011-237) pris en vertu de la *Loi sur la marine marchande du Canada* de 2001, « Un bâtiment n'a pas à gérer l'eau de ballast si celui-ci est exploité exclusivement b) entre des ports, des terminaux au large et des mouillages situés sur la côte est de l'Amérique du Nord au nord du cap Cod et des ports, des terminaux au large ou des mouillages situés dans la baie de Fundy, sur la côte est de la Nouvelle-Écosse ou sur les côtes sud ou est de l'île de Terre-Neuve ».

Dans les provinces de l'Atlantique, les pêcheurs commerciaux ont coutume de réunir leurs prises dans des viviers en attendant l'acheteur. Cette pratique de transfert des anguilles des sites de prise aux sites de rétention pourrait contribuer à la propagation d'espèces aquatiques envahissantes, dont le parasite de la vessie natatoire. Les échanges d'eau aux points de chargement pourraient servir de vecteurs au transfert des parasites. L'un des moyens de lutte envisageables consiste à organiser le ramassage séquentiel des anguilles depuis les zones non infestées aux zones infestées, et non dans le sens contraire. Les déplacements anthropiques d'organismes aquatiques (sauf les homards) sont régis par le *Code national sur l'introduction et le transfert d'organismes aquatiques*. Pour l'instant, aucun comité des introductions et des transferts ne surveille les transferts d'anguilles par les pêcheurs. Toutefois, s'il est établi que ces transferts posent un risque suffisant de transfert d'espèces indésirables, un comité pourrait réglementer ce type de déplacements.

Le stockage d'anguilles pourrait aussi constituer un vecteur de la prolifération du parasite, en dépit des mécanismes de dépistage sanitaire en place (Pratt et Mathers 2011). Les mécanismes de dépistage des maladies du poisson ne détectent pas forcément les maladies et les parasites à très faible prévalence qui n'induisent aucun signe clinique manifeste chez l'animal.

Tableau 13. Mesures d'atténuation possibles des menaces liées aux parasites et aux maladies.

Mesures possibles et mesures de substitution	Mesures particulières	Apport potentiel au rétablissement	Possibilité de quantifier l'apport au rétablissement potentiel
Lutte à la prolifération du parasite de la vessie natatoire	Réglementation des renouvellements d'eau de ballast des navires faisant des trajets intracontinentaux et intercontinentaux.	Possibilité que la lutte contre la prolifération et la prévalence du parasite chez l'anguille ralentisse le déclin du succès reproducteur.	Surveillance requise de l'expansion de l'aire de répartition du parasite pour évaluer l'efficacité. Difficile de quantifier les effets sur le succès migratoire et reproducteur de l'anguille argentée.
	Réglementation du transport d'anguilles vivantes dans différentes administrations visant à limiter le transport et les renouvellements d'eau des zones non infestées aux zones infestées.		
	Réglementation du stockage d'anguilles dans différentes administrations. Mécanismes de dépistage sanitaire chez le poisson.		

Changements écosystémiques

Les changements écosystémiques engendrés par la prolifération et l'établissement d'organismes aquatiques non indigènes sont préoccupants en raison des modifications qu'ils peuvent induire dans les communautés de proies et de prédateurs. Il s'avère extrêmement difficile d'éradiquer une espèce non indigène établie. Récemment, on a instauré un Cadre d'intervention rapide pour faciliter le dépistage d'espèces non indigènes suspectes et prévenir ou contrôler leur établissement dans un nouvel emplacement (Locke *et al.* 2011). Toutes les espèces piscivores non indigènes introduites récemment dans les provinces maritimes l'ont été par suite d'activités de stockage non approuvées. Des règlements interdisant la possession de poissons vivants aux fins de la pêche sportive ont été adoptés récemment en Nouvelle-Écosse pour lutter contre l'introduction illégale d'espèces non indigènes sur son territoire. L'abondance des espèces non indigènes pourrait être réduite si on assouplit les règlements sur les pêches ou si on interdit les remises à l'eau de poissons non indigènes vivants capturés dans le cadre de la pêche commerciale, sportive ou autochtone (tableau 14).

Tableau 14. Mesures d'atténuation possibles des menaces liées aux changements écosystémiques.

Mesures possibles et mesures de substitution	Mesures particulières	Apport potentiel au rétablissement	Possibilité de quantifier l'apport au rétablissement potentiel
Contrôle de l'expansion et réduction de l'abondance d'espèces aquatiques non indigènes	Interdiction d'avoir en sa possession des poissons vivants dans le cadre de la pêche sportive	Réduction de la prolifération de poissons non indigènes qui sont des compétiteurs potentiels pour la nourriture et des prédateurs directs de l'anguille. Apport au rétablissement inconnu.	Surveillance des espèces non indigènes pour mesurer l'efficacité des mesures. Difficile de quantifier les effets sur le stock actuel d'anguilles et la production de géniteurs.
	Modification des dispositions réglementaires concernant les sacs, les dimensions et les saisons; interdiction des remises à l'eau de prises accessoires de poissons non indigènes dans le cadre de la pêche commerciale, sportive ou autochtone.	Réduction de l'abondance de poissons non indigènes établis.	

Dommages admissibles

Les dommages admissibles correspondent au niveau de mortalité anthropique et de destruction de l'habitat qu'une espèce peut subir sans risque pour sa survie ou son rétablissement. La poursuite de certaines activités de faible intensité ou qui nuisent à une petite proportion de la population totale est possible sans crainte de changements importants dans la trajectoire de la répartition et de l'abondance d'une espèce. Concernant les menaces qui pèsent sur l'anguille d'Amérique exposées précédemment, on possède des estimations des taux de perte ou de mortalité absolue pour la pêche commerciale aux grosses anguilles et aux civelles, ainsi que pour la mortalité due aux turbines.

Dommages de la pêche

Depuis toujours, la pêche à l'anguille d'Amérique se pratique dans toutes les régions de l'est du Canada à des fins commerciales et sportives, ou par les Autochtones (Eales 1968; Peterson 1997; MPO 2010). Les prises de la pêche commerciale dans les régions de l'est du Canada ont culminé en 1971, année où les débarquements déclarés ont atteint 1 250 t; ils ont ensuite diminué, pour se situer à un peu moins de 300 t en 2010, la dernière année pour laquelle on possède des données de toutes les régions (figure 20). La pêche commerciale a été fermée en Ontario en 2005, et l'effort a été réduit au Québec depuis 2008 (MPO 2010). Actuellement, le sud du golfe du Saint-Laurent déclare les débarquements les plus élevés (figure 20). Il est impossible de connaître le nombre exact d'animaux prélevés lorsque les débarquements sont exprimés en poids en raison des variations importantes dans la taille. Toutefois, si on pose un poids moyen de 0,5 kg par anguille prélevée, on estime qu'une récolte de 300 t équivaut à quelque 600 000 anguilles.

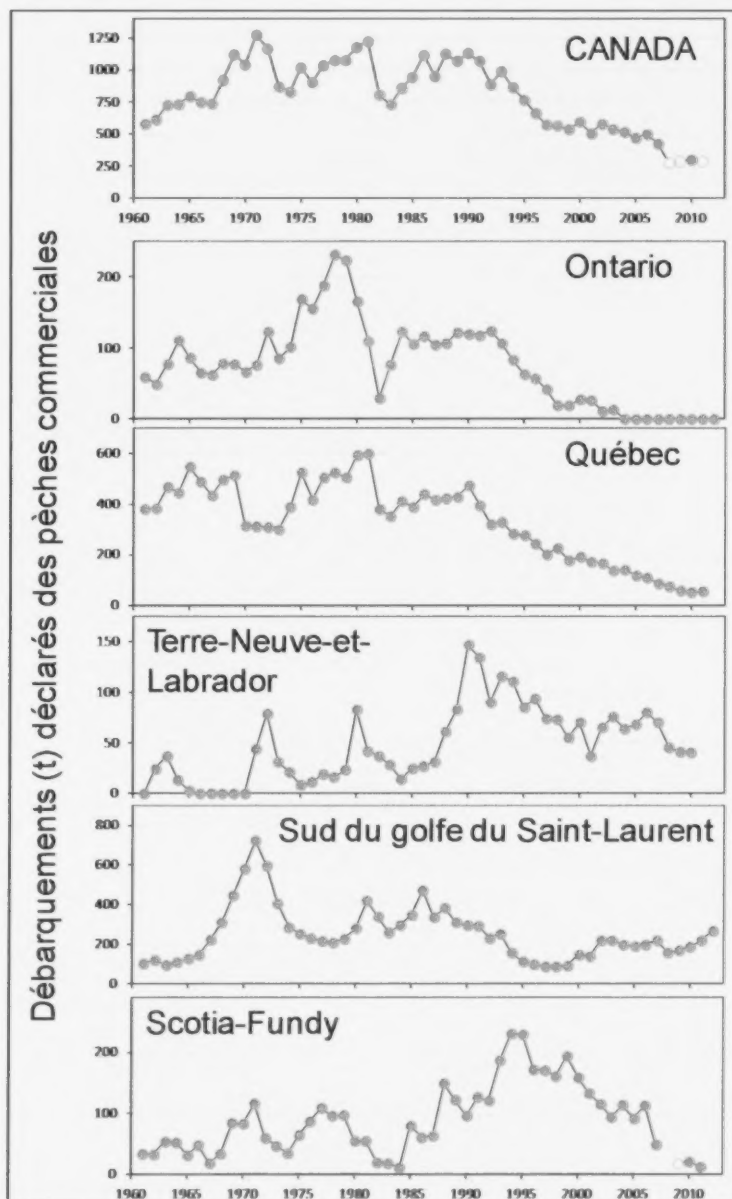


Figure 20. Débarquements déclarés (tonnes) des pêches commerciales de grosses anguilles (jaunes et argentées) dans l'est du Canada et dans les cinq administrations de gestion, de 1961 à 2012. Les symboles en blanc indiquent les années pour lesquelles les données sont incomplètes.

Les prélèvements de la pêche sportive ne sont pas déclarés, mais il est présumé qu'ils sont moins volumineux que ceux des pêches commerciales. La pêche sportive à l'anguille a été fermée en Ontario. La pêche à l'anguille est traditionnelle dans les communautés autochtones de l'est du Canada. L'anguille d'Amérique figure dans la plupart des accords de pêche à des fins alimentaires, sociales et rituelles conclus avec les communautés autochtones du Canada atlantique. Les prélèvements effectués dans le cadre de ces accords ne sont pas déclarés, mais on présume que l'ampleur et les débarquements sont peu importants comparativement à ceux des pêches commerciales et sportives.

La pêche à la civelle se pratique essentiellement dans la zone Scotia-Fundy de l'est du Canada, étant permise dans 82 rivières et cours d'eau désignés. La pêche à la civelle a commencé en 1990. Les débarquements annuels déclarés varient beaucoup, le plus important ayant atteint un sommet de 4,42 t en 2011 (figure 21). Si on pose que chaque kilogramme de civelles représente 5 500 animaux environ, la quantité de 4,42 t déclarée en 2011 correspond à quelque 24 millions d'animaux.

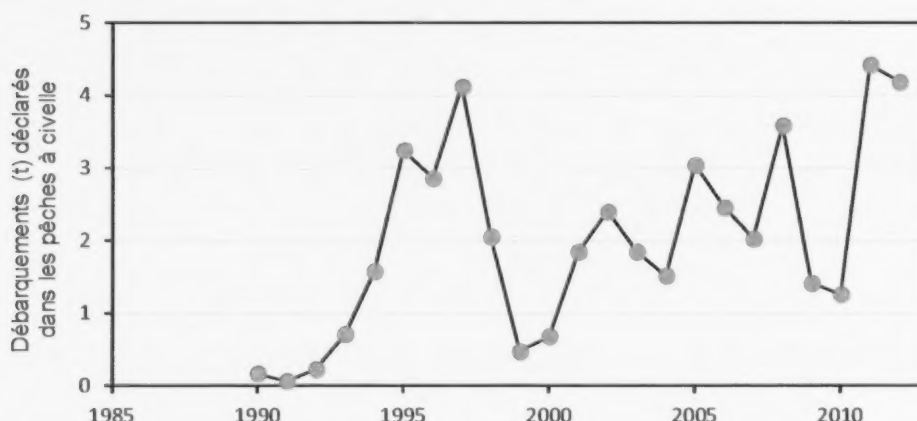


Figure 21. Débarquements (t) déclarés de la pêche commerciale à la civelle dans la zone Scotia-Fundy de l'est du Canada de 1990 à 2012.

Taux d'exploitation estimés de la pêche commerciale

On dispose de très peu d'estimations du taux d'exploitation de la pêche commerciale à l'anguille d'Amérique dans l'est du Canada (Chaput *et al.* 2014a). D'après les résultats préliminaires d'un modèle de production excédentaire de la pêche commerciale dans le lac Ontario, les taux d'exploitation étaient inférieurs à 0,1 avant 1990, mais ils ont atteint plus de 0,3 en raison du déclin du recrutement dans cette région (Xinhua Zhu, MPO, comm. pers.). La pêche commerciale est fermée depuis 2005 en Ontario. Les taux d'exploitation (qui correspondent à la proportion des débarquements des pêches par rapport à la biomasse estimée du stock actuel d'anguilles jaunes dans trois régions provinciales du sud du golfe du Saint-Laurent) ont été établis respectivement à 0,297, 0,067 et 0,053 ($F = 0,35, 0,07, 0,05$) dans le Golfe (N.-B.), le Golfe (N.-É.) et l'Î.-P.-É. (Cairns *et al.* 2014). D'après les résultats d'un modèle de production excédentaire pour le Golfe (N.-B.) et le Golfe (Î.-P.-É.), les taux d'exploitation dépassaient 0,25 autour de 1990 mais, selon les estimations, ils s'établissaient de 0,05 à 0,1 dans la dernière décennie. Le taux d'exploitation de l'anguille argentée dans l'estuaire du fleuve Saint-Laurent, estimé à 25 % en 1996 et à 20 % en 1997, avait chuté à 10,7 % en 2010 et à 7,8 % en 2011, un déclin attribuable à une réduction massive de l'effort de pêche après 2008.

On estime que les taux d'exploitation annuels de la pêche à la civelle à l'épuisette dans une petite rivière de la côte atlantique de la Nouvelle-Écosse ont varié de 12 % à 59 % de 1996 à 2012; apparemment, la pression du marché sur la pêche doublée de la vigueur de la remonte des civelles auraient influé sur le niveau d'effort et le taux d'exploitation associé.

Dommages attribuables aux turbines

Très peu d'estimations existent concernant l'efficacité des passes de contournement en aval et la mortalité due aux turbines des centrales hydroélectriques de l'est du Canada chez l'anguille d'Amérique (Chaput *et al.* 2014a). On a estimé que le taux de mortalité cumulée est de 41 % chez les anguilles qui partent du lac Ontario et qui passent par les turbines des centrales de

Beauharnois et de Moses-Saunders dans le fleuve Saint-Laurent. Chez les anguilles argentées qui partent du cours supérieur du fleuve Saint-Laurent et qui passent par la centrale de Beauharnois, la mortalité due aux turbines a été estimée à 17,8 % (Verreault et Dumont 2003). Dans la zone Scotia-Fundy, 24 % des anguilles argentées marquées ont contourné les turbines d'une petite centrale hydroélectrique (rivière Magaguadavic) au cours de leur migration, mais toutes celles qui sont passées au travers sont mortes, portant le taux de mortalité global à 76 %.

Modélisation des dommages relatifs de la mortalité due à la pêche et aux turbines

Si on connaît le taux de croissance d'une population, on peut préserver cette croissance en établissant le niveau admissible de dommages dus à certaines activités. Or, comme les données sur l'abondance dans chaque zone sont incomplètes ou incohérentes, il est impossible de déterminer le taux de croissance de la population d'anguilles d'Amérique et, conséquemment, les niveaux de dommages admissibles de différentes activités. L'analyse de l'élasticité fondée sur la modélisation de la population présentée précédemment suggère, de façon générale, que les paramètres ou les stades de vie présentant une élasticité supérieure seront les plus exposés aux dommages actuels ou supplémentaires, et seront également les plus réceptifs aux efforts de rétablissement.

Les projections de l'abondance par zone de l'EPR et pour l'espèce fournissent des indicateurs des effets à court et à long terme des dommages relatifs associés aux scénarios d'activité. Les taux stationnaires, en l'absence de mortalité anthropique, ont été établis pour chacune des zones de l'EPR en corrigeant la mortalité des leptocéphales (M_{kp}) pour ramener l'abondance à l'équilibre ($\lambda = 1$; ni croissance ni déclin). Trois hypothèses de dispersion larvaire sont comparées : attraction de l'eau uniquement (AE); effets maternels couplés à l'attraction de l'eau (HAE); effets maternels couplés à la distance au plus proche voisin (HPV).

Seules les menaces auxquelles une valeur de la mortalité pouvait être attribuée ont été prises en compte, soit la mortalité due à la pêche commerciale à l'anguille jaune et à l'anguille argentée; la mortalité due à la pêche commerciale à la civelle et la mortalité due aux turbines dans le bassin du Saint-Laurent. Les valeurs de la mortalité anthropique dans les zones canadiennes ont été établies en fonction des meilleures estimations combinées (avis d'experts) des conditions actuelles telles qu'elles figurent au tableau 15 ci-dessus. Dans tous les scénarios, la mortalité anthropique dans les zones américaines (AN, AC et AS) a été fixée à 0.

Une valeur de mortalité anthropique a été entrée dans les cinq scénarios des dommages, chacun ayant été appliqué en supposant une situation stable ainsi que pour des réductions de 25 et 50 % des taux de mortalité hypothétiques.

- A. Situation stable : i) pêche à l'anguille argentée dans la zone SL ($MF_{SL} = 0,1$); ii) pêche à l'anguille jaune (et argentée avant la migration) dans les zones NG, SG et SF (plein recrutement $MF_{NG,SG,SF} = 0,1$); iii) pêche à la civelle dans la zone SF ($MF_{civ,SF} = 0,05$); iv) mortalité due aux turbines chez l'anguille argentée migrant de la zone SL ($MT_{SL} = 0,17$).
- B. Fermeture de la pêche à la civelle; autres mortalités similaires à celles du scénario A.
- C. Fermeture de la pêche à la civelle; atténuation de la mortalité due aux turbines dans la zone SL; autres mortalités dues à la pêche à l'anguille jaune et argentée similaires à celles du scénario A (i et ii).
- D. Fermeture de la pêche à l'anguille jaune et argentée. Fermeture de la pêche à la civelle dans la zone SF et mortalité due aux turbines dans la zone SL similaire à celle du scénario A (iii et iv).

E. Fermeture de toutes les pêches. Mortalité due aux turbines seulement, similaire au scénario A (iv seulement).

Tableau 15. Taux hypothétiques de mortalité instantanée par zone de l'EPR utilisés dans la modélisation des effets relatifs de la pêche commerciale sur les grosses anguilles et les civelles, et des effets de la mortalité due aux turbines sur l'abondance d'anguilles d'Amérique et les taux de croissance de la population globale. Concernant l'effet de la pêche commerciale sur les grosses anguilles, les taux de mortalité instantanée s'appliquent aux groupes de tailles recrutés à la pêche.

Activité	Zone de l'EPR			
	SL	NG	SG	SF
Pêche commerciale, grosses anguilles (jaunes et argentées) (MF)	0,1	0,1	0,1	0,1
Pêche commerciale, civelles (MF _{civ})	0	0	0	0,05
Mortalité due aux turbines (MT)	0,17	0	0	0

Deux résultats ressortent : i) le déclin en pourcentage de λ par suite de la mortalité (soit le déclin annuel de l'abondance attendu à long terme une fois la distribution stable est atteinte); ii) le déclin de l'abondance d'anguilles argentées après 50 ans (trois générations environ). Les résultats exposés aux points i) et ii) ont été intégrés à l'analyse comparative des changements attendus à la croissance à long et à court terme, la différence entre les valeurs étant due à des phénomènes dynamiques transitoires. Les déclinés sont exprimés par la variation en pourcentage de l'abondance d'anguilles argentées sur 50 ans dans chaque zone canadienne de l'EPR et à l'échelle du Canada, et par la variation en pourcentage de la croissance de la population à long terme (λ) pour l'ensemble de l'espèce (tableau 16).

En l'absence de mesures d'atténuation (situation stable, scénario A), les deux hypothèses de dispersion couplées donnent des résultats similaires pour le déclin de l'abondance par zone et les variations du taux de croissance de l'espèce (tableau 16). Le déclin de l'abondance moins prononcé selon les scénarios A à E est attribuable aux niveaux inférieurs de mortalité anthropique. En présence de pêche à l'anguille jaune et argentée (scénarios A, B et C), le déclin de l'abondance globale est plus prononcé pour les hypothèses couplées (HAE et HPV) que celle de l'AE. Les scénarios D et E donnent des résultats inverses. La force des effets maternels amoindrit l'effet salvateur de la non-exploitation dans trois zones (américaines) pour les quatre zones exploitées (canadiennes). Par contre, si la mortalité anthropique touche seulement la zone SL (scénario D) ou les zones SL et SF (scénario E), les effets maternels puissants ralentissent davantage le déclin global de l'abondance par rapport à l'hypothèse de l'AE. Toutefois, le déclin de la croissance de la population à long terme est toujours supérieur dans l'AE (tableau 16).

Selon les modélisations, la pêche à la civelle dans la zone SF a une incidence négligeable sur la population en général (si on compare avec les scénarios A et B, on constate une variation de < 1 % de l'abondance en général et de < 0,1 % de λ) et légèrement supérieure pour la zone elle-même (déclin de < 2 % de l'abondance dans la zone SF), peu importe l'hypothèse de dispersion larvaire posée (tableau 16).

La mortalité due aux turbines dans la zone SL a plus d'impact (scénario E). Selon l'hypothèse de l'AE, le déclin de l'abondance d'anguilles argentées s'établit à 24 % dans la zone SL et à 14 % en général. Si on pose les hypothèses HAE et HPV, le déclin est plus marqué dans la zone SL (39 %), mais moindre en général (11 % pour HAE et 4 % pour HPV; tableau 16).

Selon les modélisations, la pêche commerciale à l'anguille argentée et jaune induit les plus forts déclinés de l'abondance globale d'anguilles argentées, en fonction toutefois de l'hypothèse de dispersion larvaire envisagée. L'hypothèse de l'AE donne un déclin supérieur de la croissance à long terme (2 %) que celle des hypothèses HAE et HPV (< 0,2 %). Le déclin est plus important

dans la zone NG (AE : 81 %; HAE et HPV : 96 %) en raison de la mortalité cumulée plus élevée découlant de la valeur inférieure attribuée à la taille minimale de pêche dans la projection de cette zone. La pêche dans les quatre zones canadiennes devrait entraîner des déclinés dans les trois zones américaines, notamment si l'hypothèse de l'AE est posée (AE : 48 à 51 %; HAE ou HPV : 0 à 6 %, non illustrés).

Tableau 16. Déclin projeté en pourcentage de l'abondance d'anguilles argentées sur une période de 50 ans si la mortalité anthropique est ajoutée (scénarios A à E; voir le corps du document) à une population stable non touchée par la mortalité anthropique. Trois hypothèses de dispersion larvaire sont comparées : attraction de l'eau uniquement (AE); effets maternels couplés à l'attraction de l'eau (HAE); effets maternels couplés à la distance au plus proche voisin (HPV). Pour chacune, la mortalité anthropique est corrigée par un facteur de 0 % (en surbrillance), de 25 % ou de 50 % par rapport aux valeurs de base. Sont posés des déclinés en pourcentage dans les zones canadiennes (SL, NG, SG, SF) et l'ensemble de la région canadienne (CAN), et le déclin du taux de croissance de la population de l'espèce (λ) à long terme.

Hypothèse	AE			HAE			HPV		
Atténuation	0	25 %	50 %	0	25 %	50 %	0	25 %	50 %
A) situation stable : pêche (argentée, jaune, civelle) + mortalité due aux turbines									
SL	61	52	40	55	46	34	57	47	35
NG	83	75	62	96	91	81	96	92	82
SG	67	58	45	70	60	46	71	61	47
SF	72	63	50	82	73	59	82	73	59
CAN	74	65	52	80	73	61	81	72	59
λ	2	2	1	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,1	< 0,1	< 0,1
B) pêche (argentée, jaune) + mortalité due aux turbines									
SL	61	52	40	55	46	34	57	47	35
NG	83	75	61	96	91	81	96	92	82
SG	67	58	45	70	60	46	71	61	47
SF	70	61	48	80	71	57	80	71	57
CAN	73	65	52	80	72	61	80	72	59
λ	2	2	1	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,1	< 0,1	< 0,1
C) pêche (argentée, jaune)									
SL	47	40	31	27	21	15	30	24	17
NG	81	72	59	96	91	81	96	92	81
SG	62	53	41	69	59	46	71	61	47
SF	66	57	45	80	71	57	80	71	57
CAN	67	59	47	72	66	56	77	69	57
λ	2	1	1	< 0,25	< 0,25	< 0,25	< 0,1	< 0,1	< 0,1
D) pêche (civelle) + mortalité due aux turbines									
SL	24	19	13	39	31	22	38	30	22
NG	11	9	6	1	1	< 0,5	1	1	1
SG	12	9	6	1	1	< 0,5	1	1	1
SF	15	11	8	10	7	5	9	7	5
CAN	16	12	8	13	10	7	8	6	4
λ	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1
E) mortalité due aux turbines seulement									
SL	24	19	13	39	31	22	38	30	22
NG	11	8	6	1	1	< 0,5	1	1	1
SG	11	9	6	1	1	< 0,5	1	1	1
SF	10	8	5	1	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5	< 0,5
CAN	14	11	8	11	9	6	4	3	2
λ	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1	< 0,1

Une fois stabilisés, les déclin à long terme de l'abondance (λ) ont été estimés de faibles ampleurs (presque nuls) si on pose les hypothèses couplées (tableau 16). Même si les projections de mortalité anthropique analysées ne conduisent pas à l'extinction de l'espèce, l'élan démographique induit par le changement initial pourrait se traduire par des niveaux très faibles, voire inférieurs à ce qui est estimé acceptable pour que l'espèce puisse résister à d'autres facteurs de risque.

Lacunes dans les données et les connaissances

Les lacunes dans les données et les connaissances concernant l'utilisation de l'habitat, les caractéristiques du cycle biologique, les indicateurs d'abondance et la dynamique des populations limitent les analyses et les résultats de l'évaluation du potentiel de rétablissement de l'anguille d'Amérique.

Actuellement, on ne dispose d'aucune évaluation complète de l'habitat accessible et utilisé par l'anguille d'Amérique. Les anguilles utilisent les habitats dulcicoles des fleuves et des lacs, des eaux de marée saumâtres et des eaux salines. Pour plusieurs régions de l'est du Canada, notamment les zones du nord du golfe du Saint-Laurent de Terre-Neuve-et-Labrador, la présence des anguilles est très peu documentée. Notamment, aucune donnée sur l'abondance ne permet d'estimer, même approximativement, les effectifs de ces régions. Par ailleurs, malgré un échantillonnage plus poussé dans les régions du sud et le bassin du Saint-Laurent, les densités d'anguilles ont été estimées dans une poignée d'habitats seulement, et la répartition entre l'eau douce et l'eau saline est méconnue.

On ne dispose que peu d'indices de l'abondance à long terme aux stades du recrutement (civelles), du stock résidant et des échappées d'anguilles argentées. Il existe un seul indice actualisé concernant le recrutement de civelles à moyen terme pour l'ensemble de l'est du Canada. En 2005, on a commencé à recueillir des données visant à produire deux indices de recrutement de la civelle à l'Î.-P.-É et en 2009 un indice à Gaspé, au Québec; cependant, dans tous les cas, les séries chronologiques sont encore très courtes. À l'exception de l'étude ciblée de la pêche à l'anguille argentée dans le fleuve Saint-Laurent, on ne dispose d'aucune estimation de la production totale dans les zones de l'EPR, ni dans l'ensemble de l'est du Canada.

Certains des indices utilisés aux fins de l'EPR ont été établis à partir des prises d'anguilles dans le cadre de programmes de surveillance des salmonidés par électropêche dans les provinces de l'Atlantique. D'autres indices proviennent des dénombrements d'anguilles aux barrières installées pour surveiller les migrations du saumon de l'Atlantique dans les rivières de Terre-Neuve. On ne connaît pas la représentativité de ces indices pour les anguilles dans les rivières surveillées et les zones étendues de l'EPR.

Les données sur la taille, l'âge et les taux de croissance se sont améliorées au cours des dernières années; par contre, on ne dispose pas encore de données complètes et représentatives sur l'âge, les taux de croissance, la taille ou l'âge à la maturité des anguilles, ni sur les variations selon les habitats utilisés et les régions dans l'est du Canada. Les caractéristiques du cycle biologique des anguilles dans les grandes zones géographiques de l'EPR utilisées pour les modélisations de la population sont souvent extraites d'échantillons limités sur les plans spatial et temporel. Très peu de procédures d'échantillonnage ont été répétées dans le temps, et beaucoup de données sont en fait extraites d'un aperçu couvrant plusieurs décennies dans une région ou l'autre.

À défaut de relevé des anguilles matures dans les lieux de fraie de la mer des Sargasses, la fécondité des femelles matures, la taille des œufs et les variations de ces caractéristiques selon le phénotype (âge, longueur corporelle et teneur énergétique) sont déduites à partir des relevés

d'anguilles argentées dans les eaux continentales. Or, si on se fie aux analyses portant sur d'autres espèces, ces caractéristiques peuvent varier en fonction du stade de maturité du poisson au moment du relevé.

Aucun modèle d'évaluation ne peut s'appliquer à l'ensemble de l'espèce anguille d'Amérique. On ne dispose d'aucun niveau de référence concernant la biomasse ou les prélèvements. Dans certaines administrations américaines et canadiennes, des tentatives ont été faites pour dériver des estimations des stocks actuels d'anguilles de petites zones géographiques afin d'établir les niveaux de prélèvement de référence. La modélisation de la production excédentaire effectuée pour quelques zones se fonde sur les prises de la pêche commerciale et les indices s'appliquant à de petites zones difficilement extrapolables à des zones plus vastes.

La perte de production des anguilles attribuable à plusieurs des menaces évaluées est peu documentée, voire pas du tout. On dispose de quelques estimations du taux d'exploitation de l'anguille dans l'est du Canada, qui ne peuvent pas être transposées directement à la pêche dans les régions non évaluées.

Quant aux prélèvements, les chiffres existants concernent uniquement la pêche commerciale et, pour ce qui est de la pêche à l'anguille jaune et argentée, ces données sont pour la plupart incomplètes. Il n'existe aucune donnée sur les prélèvements de la pêche sportive et autochtone au Canada atlantique, si ce n'est que le volume et l'ampleur de cette dernière sont peu importants si on se fie aux témoignages des communautés autochtones.

Les taux de mortalité due aux turbines ont été estimés pour quelques installations hydroélectriques, mais les analyses ont rarement été répétées. Des modèles permettent de prédire la mortalité en fonction de la conception de la turbine, de la taille des animaux et des considérations fonctionnelles, mais leur applicabilité à l'anguille d'Amérique n'a pas été vérifiée. Les dangers encourus par les anguilles qui passent au travers des turbines (blessures et comportement modifié) n'ont pas été étudiés.

Aucune preuve directe n'existe quant à la possibilité de transposer aux anguilles l'analyse des répercussions de certaines menaces sur le succès reproducteur d'autres espèces. De fait, les anguilles migrent et frayent dans la mer des Sargasses, et aucun prélèvement ou échantillonnage n'a été fait à ce stade. En outre, à ce jour, les expériences sur des anguilles reproductrices en captivité et l'élevage des juvéniles sont loin d'être concluantes. La longévité des anguilles complique beaucoup les études sur la dynamique du recrutement.

La certitude causale associée à diverses menaces potentielles est faible puisque l'incidence des facteurs sur la survie des anguilles, leur croissance, leur comportement, leur succès reproducteur et la dynamique des populations n'a pas été étudiée. Par exemple, comme des dizaines d'années pourraient s'écouler avant que le parasite de la vessie natatoire perturbe le succès reproducteur des anguilles ou que sa prolifération et son établissement récents dans certaines régions nuisent au recrutement, il sera difficile de discriminer ces effets et ceux de la myriade de menaces qui pèsent sur l'espèce.

Sources d'incertitude

La situation de l'anguille d'Amérique dans l'est du Canada a été caractérisée à partir d'un petit nombre d'indices obtenus au moyen de valeurs concernant des anguilles d'âges différents se trouvant dans des habitats dulcicoles et salins. On ne sait pas si ces indices permettent de mesurer l'abondance des anguilles dans les zones étendues de l'EPR. Les données n'ont pas été validées pour nombre de ces indices et aucun modèle de normalisation n'a été utilisé pour générer des indices annuels.

On en connaît très peu au sujet des facteurs déterminants de l'utilisation d'un habitat par les anguilles. Il a été tenu pour acquis que la densité pouvait déclencher la montaison vers l'eau douce. Dans plusieurs des régions étudiées, des migrations saisonnières ont été relevées entre l'eau douce et l'eau saline, mais on ne sait rien du rôle de ces déplacements dans la croissance des individus et leur survie, ni dans la production totale.

Aucun modèle de population applicable à l'ensemble de l'espèce ne permet d'évaluer le stock actuel d'anguilles, le taux de production de géniteurs ou le taux estimé de recrutement dans les eaux continentales.

On ne connaît pas les facteurs déterminants de la dynamique de recrutement des civelles dans les eaux continentales. Par conséquent, on ne peut écarter la possibilité que les effets maternels interviennent dans le développement des œufs et des larves et, conséquemment, le recrutement dans les eaux continentales.

Diverses incertitudes quant au cycle biologique de l'anguille d'Amérique compromettent la portée et les résultats des modélisations de la population effectuées. Les valeurs de certains paramètres comme la mortalité naturelle (notamment en début de vie) et la croissance individuelle sont particulièrement imprécises. La structure du modèle compte d'autres défaillances telles la dispersion larvaire par zone et l'incidence du sexe-ratio sur la reproduction (dépendance en fréquence du sexe). Le modèle n'intègre aucune donnée sur la capacité de charge de l'habitat selon la zone, ni sur les effets de la dépendance à la densité. Les résultats des modèles de dynamique des populations varient fortement en fonction de l'hypothèse de dispersion larvaire, de telle sorte qu'il est difficile de transposer la dynamique d'une zone à l'ensemble de la population.

La certitude causale associée à diverses menaces potentielles est faible puisque l'incidence des facteurs sur la survie des anguilles, leur croissance, leur comportement, leur succès reproducteur et la dynamique des populations n'a pas été étudiée. Par conséquent, il se peut que la gravité soit faussement jugée comme étant faible.

CONCLUSIONS

De récentes études génétiques ont confirmé que l'anguille d'Amérique est une espèce panmictique, c'est-à-dire que des géniteurs provenant de toutes les régions productrices d'anguilles de l'est de l'Amérique du Nord peuvent se reproduire dans un même lieu. Les caractéristiques du cycle biologique peuvent varier grandement à l'intérieur de l'espèce de l'anguille d'Amérique. Les anguilles des régions septentrionales, et notamment celles du bassin du Saint-Laurent, ont un corps plus gros et sont des femelles seulement, alors que les anguilles des régions méridionales de l'est du Canada comptent une faible proportion de mâles et des femelles avec de plus petits corps de façon générale.

Les tendances des indices corroborent la conclusion du COSEPAC quant au déclin de l'abondance des anguilles d'Amérique ces 32 dernières années. Le déclin a été plus marqué dans le bassin du Saint-Laurent, et particulièrement dans les indices du stock actuel et du recrutement des anguilles du lac Ontario. Certains indicateurs montrent une amélioration récente (16 ans) de l'abondance, qui ne se manifeste toutefois pas encore dans les indices du stock actuel.

On ne connaît toujours pas les processus qui déterminent le recrutement dans les eaux continentales aux premiers stades biologiques que sont l'éclosion, la croissance et la dispersion à partir des lieux de ponte dans la mer des Sargasses. D'importantes différences sont constatées dans l'abondance relative d'anguilles d'une région à l'autre de l'est du Canada et des États-Unis, lesquelles pourraient influencer sur l'abondance et la pérennité de l'espèce si les effets

maternels interviennent dans les processus et les lieux de recrutement dans les eaux continentales aux stades biologiques précoces.

Les anguilles utilisent des habitats variés, notamment des habitats d'eau douce fluviale et lacustre, d'eau saumâtre et d'eau saline. Aux États-Unis et au Canada, l'accès aux habitats dulcicoles est compromis, principalement à cause de la construction de grands barrages qui ne sont pas dotés de passes de montaison ou dévalaison adaptées à l'anguille d'Amérique. Les dommages les plus graves surviennent dans les zones où l'accès aux grands lacs a été perdu, où l'on trouve un nombre disproportionnellement élevé de grosses anguilles femelles. Les liens entre d'importants habitats intérieurs, et entre les habitats intérieurs et les aires d'alimentation estuariennes et les frayères océaniques sont déterminants pour favoriser la croissance, la dispersion et la migration des anguilles.

L'habitat disponible pour l'anguille d'Amérique est relativement étendu pour les populations d'anguilles actuelles, probablement largement en deçà de la capacité de charge, et il est très improbable que la disponibilité de l'habitat limite la production d'anguilles à de grandes échelles spatiales si on tient compte des niveaux d'abondance. L'accès aux habitats dulcicoles pose problème sur l'ensemble de l'aire de répartition de l'espèce et, à long terme, à mesure que la population d'anguilles croîtra et se rétablira, il deviendra primordial de restaurer l'accès vers et à partir de ces habitats pour réaliser les objectifs en matière de répartition et d'abondance.

Les cibles de rétablissement pour la répartition et l'abondance sont définies pour les échéanciers à court terme (environ une génération, 16 ans), à moyen terme (environ trois générations, 50 ans) et à long terme. La cible immédiate en matière de répartition – cesser la progression de la perte d'habitat accessible – a été atteinte dans toutes les zones de l'évaluation du potentiel de rétablissement; toutefois, l'accès en amont aux zones devenues inaccessibles a été documenté seulement dans le bassin du Saint-Laurent. Si, dans l'est du Canada, la cible de répartition à court terme a été atteinte, la cible à moyen terme d'améliorer l'accès à des fins de recrutement à des zones de production équivalentes à celles perdues pendant les trois dernières générations n'a pas été atteinte.

La cible d'abondance à court terme consistant à mettre fin au déclin et à montrer les augmentations des indices a été atteinte pour le stade biologique du recrutement, mais l'augmentation du recrutement doit encore se manifester dans des améliorations des indices de la biomasse. Au Canada, globalement, les cibles relatives à l'abondance à court terme n'ont pas été atteintes pour tous les stades biologiques. Pour l'abondance, les cibles de rétablissement à moyen terme sont les valeurs moyennes des indices pour la période de 1981 à 1989. À l'échelle du Canada, les cibles de rétablissement à moyen terme pour l'ensemble des stades biologiques n'ont pas été atteintes, mais les indices des stades du recrutement et de l'abondance des géniteurs portent uniquement sur le bassin du Saint-Laurent.

Parmi les menaces suscitant un niveau moyen ou élevé de préoccupation qui sont communes à quatre ou cinq administrations, mentionnons la pêche commerciale à l'anguille jaune et argentée, ainsi que les obstacles physiques (perte et fragmentation des habitats). La mortalité due aux turbines constitue une préoccupation élevée en Ontario, et une préoccupation moyenne au Québec et dans la Région des Maritimes du MPO. Au total, dans cette dernière région, 10 menaces suscitent un degré de préoccupation moyen.

Il existe des mesures d'atténuation et de substitution concernant les activités actuelles considérées comme des menaces à l'anguille d'Amérique.

Les pêches à l'anguille argentée et jaune dans les quatre zones de l'EPR ont l'incidence la plus élevée sur les taux de croissance de l'abondance modélisés, tandis que les pêches à la civelle dans la région des Maritimes du MPO, selon la modélisation, influent très peu sur les modifications de l'abondance en général. La modélisation de la mortalité due aux turbines dans

le bassin du Saint-Laurent indique un effet plus élevé que celui de la pêche à la civelle; son incidence est certaine sur l'abondance dans le bassin du Saint-Laurent, sans égard aux hypothèses de recrutement dans les eaux continentales envisagées.

Les dommages admissibles maximums que l'espèce peut tolérer sans que sa survie ou son rétablissement soit compromis ne peuvent pas être mesurés adéquatement en raison des limites des modèles de population, du manque de données quantitatives sur l'abondance, les caractéristiques du cycle biologique et la dynamique des populations.

Les trous d'hivernage utilisés par les anguilles dans certaines régions de l'est du Canada présentent l'apparence d'une structure, du moins quand des anguilles s'y trouvent et, dans la mesure où une anguille peut utiliser le même trou pendant une période prolongée, la définition de résidence aux termes de la *Loi sur les espèces en péril* pourrait s'appliquer.

Les incertitudes les plus importantes dans l'évaluation du potentiel de rétablissement sont liées à la façon dont les tendances et indices régionaux liés au recrutement, à la biomasse et à la production de l'anguille argentée dépendent du nombre total de reproducteurs de toute l'espèce par rapport à la production de reproducteurs provenant de chaque région.

AUTRES CONSIDÉRATIONS

Comme il a été mentionné auparavant (MPO 2010), il faut coordonner les efforts pour obtenir une évaluation adéquate de l'ensemble de l'espèce. L'Atlantic States Marine Fisheries Commission (ASFMC 2012) a fait le même constat pour ce qui concerne la gestion des anguilles dans les eaux américaines en prônant la nécessité de tenir compte de la situation au-delà des frontières et de coordonner l'effort avec le Canada et les pays des Antilles.

Selon une évaluation effectuée par l'ASFMC, la décimation de l'anguille d'Amérique dans les eaux américaines est attribuable à la surpêche, à la perte d'habitats due aux barrages dans les cours principaux et les tributaires des rivières et des fleuves, à la mortalité lors des passages dans les turbines des centrales hydroélectriques, à la pollution, possiblement à des parasites et à des maladies, et à divers facteurs inexpliqués en mer (ASFMC 2012). Les analyses des tendances indiciaires de l'abondance suggèrent un déclin ou, du moins, un statu quo pour ce qui concerne l'anguille d'Amérique aux États-Unis dans les dernières décennies; pour les autres indices, on constate une tendance à la baisse non significative sur une période de 30 ans (ASFMC 2012). Les indicateurs du stock montrent un déclin de la biomasse sur l'ensemble de la côte par rapport aux niveaux observés dans les années 1970. La biomasse du stock géniteur n'a pas pu être évaluée en raison des incertitudes dans les estimations de l'abondance, des taux de croissance, de la productivité de la population et du fait qu'une proportion inconnue du stock géniteur se trouve à l'extérieur des eaux américaines (ASFMC 2012).

SOURCES DE RENSEIGNEMENTS

Le présent avis scientifique découle de la réunion des 11 au 14 juin 2013 sur l'Évaluation du potentiel de rétablissement de l'anguille d'Amérique de l'est du Canada. Toute autre publication découlant de cette réunion sera publiée, lorsqu'elle sera disponible, sur le [calendrier des avis scientifiques de Pêches et Océans Canada](#).

- ASMFC (Atlantic States Marine Fisheries Commission). 2012. [American eel benchmark stock assessment](#). ASMFC, Stock Assessment Report No. 12-01, Washington, D.C. 342 p.
- Bevacqua, D., Melia, P., De Leo, G.A., and Gatto, M. 2011. Intra-specific scaling of natural mortality in fish: the paradigmatic case of the European eel. *Oecologia* 165: 333-339.
- Cairns, D.K., Chaput, G., Poirier, L.A., Avery, T.S., Castonguay, M., Mathers, A., Bradford, R.G., Pratt, T.C., Verreault, G., Clarke, K.D., Veinnot, G., and Bernatchez, L. 2014. Recovery Potential Assessment for the American Eel (*Anguilla rostrata*) for eastern Canada: life history, distribution, status indicators, and demographic parameters. DFO Can. Sci. Adv. Sec. Res. Doc. 2013/134.
- Canadian Eel Working Group. 2009. American Eel Management Plan, Draft: February 26, 2009. Fisheries and Oceans Canada, Ontario Ministry of Natural Resources, and Ministère des Ressources naturelles et de la Faune du Québec.
- Casselman, J.M. 2003. Dynamics of resources of the American eel, *Anguilla rostrata*: declining abundance in the 1990s. In: Aida, K., Tsukamoto, K., and K. Yamauchi (Eds.), *Eel Biology*. Springer-Verlag, Tokyo, pp. 255-274.
- Chaput, G., Pratt, T.C., Cairns, D.K., Clarke, K.D., Bradford, R.G., Mathers, A., and Verreault, G. 2014a. Recovery Potential Assessment for the American Eel (*Anguilla rostrata*) for eastern Canada: description and quantification of threats. DFO Can. Sci. Adv. Sec. Res. Doc. 2013/135.
- Chaput, G., Cairns, D.K., Bastien-Daigle, S., LeBlanc, C., Robichaud, L., Turple, J., and Girard, C. 2014b. Recovery Potential Assessment for the American Eel (*Anguilla rostrata*) for eastern Canada: mitigation options. DFO Can. Sci. Adv. Sec. Res. Doc. 2013/133.
- Coker, G.A., Ming, D.L., and Mandrak, N.E. 2010. Mitigation guide for the protection of fishes and fish habitat to accompany the species at risk recovery potential assessments conducted by Fisheries and Oceans Canada (DFO) in Central and Arctic Region. Version 1.0. Can. Manuscr. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2904: vi + 40 p.
- COSEPAC. 2012. [Évaluation et Rapport de situation du COSEPAC sur l'anguille d'Amérique \(*Anguilla rostrata*\) au Canada](#). Comité sur la situation des espèces en péril au Canada. Ottawa. xiii + 127 p.
- Côté, C.L., Gagnaire, P.-A., Bourret, V., Verreault, G., Castonguay, M., and Bernatchez, L. 2013. Population genetics of the American eel (*Anguilla rostrata*): FST = 0 and North Atlantic Oscillation effects on demographic fluctuations of a panmictic species. *Mol. Ecol.* 22: 1763-1776.
- Eales, J.G. 1968. The eel fisheries of eastern Canada. Fisheries Resource Board Canada Bulletin 166. 79 p.
- Gagnaire, P.A., Normandeau, E., Côté, C., Hansen, M.M., and L. Bernatchez. 2012. The effect of spatially varying selection on locally adaptive alleles in the panmictic American eel (*Anguilla rostrata*). *Genetics* 190: 725-736.

- Greig, L., Parnell, I.J., and Marmorek, D.R. 2006. Developing an Action Plan for American eels in the St. Lawrence River – Lake Ontario Region: Decision Analysis. Prepared by ESSA Technologies Ltd., Richmond Hill, ON, for Hydro Quebec, Fisheries and Oceans Canada, Ontario Ministry of Natural Resources, Ontario Power Generation, and the US Fish & Wildlife Service, on behalf of the Passage and Associated Habitat Subcommittee of the Canadian Eel Working Group. 145 pp.
- Helfman, G.S., Facey, D.E., Hales, Jr., L.S., and Bozeman, Jr., E.L. 1987. Reproductive ecology of the American eel. American Fisheries Society Symposium 1: 42–56.
- Jessop, B.M. 2010. Geographic effects on American eel (*Anguilla rostrata*) life history characteristics and strategies. Can. J. Fish. Aquat. Sci. 67: 326–346.
- Kleckner, R.C., and McCleave, J.D. 1988. The northern limit of spawning by Atlantic eels (*Anguilla* spp.) in the Sargasso Sea in relation to thermal fronts and surface water masses. J. Mar. Res. 46: 647–667.
- Locke, A., Mandrak, N.E., and Therriault, T.W. 2011. A Canadian Rapid Response Framework for Aquatic Invasive Species. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2010/114. vi + 30 p.
- MacGregor, R., Casselman, J., Greig, L., Allen, W.A., McDermott, L., and Haxton, T. 2010. Draft recovery strategy for the American Eel (*Anguilla rostrata*) in Ontario. Ontario Recovery Strategy Series. Prepared for Ontario Ministry of Natural Resources, Peterborough, Ontario. vii+78 pp.
- McCleave, J.D. 2003. Spawning areas of Atlantic eels. In: Aida, K., Tsukamoto, K., and K. Yamauchi (Eds.), Eel Biology. Springer-Verlag, Tokyo, pp. 141–156.
- McCleave, J.D., and Edeline, E. 2009. Diadromy as a conditional strategy: Patterns and drivers of eel movements in continental habitats. American Fisheries Society Symposium 69: 97–119.
- Miller, M.J., Kimura, S., Friedland, K.D., Knights, B., Kim, H., Jellyman, D.J., and Tsukamoto, K. 2009. Review of ocean-atmospheric factors in the Atlantic and Pacific oceans influencing spawning and recruitment of anguillid eels. In: Haro, A., Avery, T., Beal, K., Cooper, J., Cunjak, R., Dadswell, M., Klauda, R., Moffit, C., Rulifson, R., and K. Smith (Eds.), Challenges for Diadromous Fishes in a Dynamic Global Environment. American Fisheries Society Symposium Publication 69: 231–249.
- MPO. 2010. État de l'anguille d'Amérique et des progrès relatifs aux objectifs de gestion. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci. 2010/062.
- Nilo, P., et Fortin, R. 2001. Synthèse des connaissances et établissement d'une programmation de recherche sur l'anguille d'Amérique (*Anguilla rostrata*). Université du Québec à Montréal, Département des Sciences biologiques pour la Société de la faune et des parcs du Québec, Direction de la recherche sur la faune. Québec. 298 p.
- Peterson, R.H. (editor). 1997. The American eel in eastern Canada: stock status and management strategies. Proceedings of Eel Management Workshop, January 13–14, 1997, Quebec City, QC. Can. Tech. Rep. Fish. Aquat. Sci. 2196: v + 174 p.
- Pratt, T.C., and Mathers, A. 2011. 2010 Update on the status of American Eel (*Anguilla rostrata*) in Ontario. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2011/050. vi + 18 p.
- Pratt, T.C., and Threader, R.W. 2011. Preliminary evaluation of a large-scale American eel conservation stocking experiment. N. Am. J. Fish. Manag. 31: 619–628.

- Pratt, T.C., Bradford, R.G., Cairns, D.K., Castonguay, M., Chaput, G., Clarke, K.D., and Mathers, A. 2014. Recovery Potential Assessment for the American Eel (*Anguilla rostrata*) in eastern Canada: functional description of habitat. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/132.
- Scott, W.B., and Scott, M.G. 1988. Atlantic Fishes of Canada. Can. Bull. Fish. Aquat. Sci. 219. 731 p.
- Tesch, F.-W. 2003. The eel: Biology and management of anguillid eels, 5th edition. Blackwell Science Ltd., Oxford, United Kingdom.
- Tomie, J.P.N., Cairns, D.K., and Courtenay, S.C. 2013. How American eels *Anguilla rostrata* construct and respire in burrows. Aquatic Biology 19: 287-296.
- Velez-Espino, L.A., and Koops, M.A. 2010. A synthesis of the ecological processes influencing variation in life history and movement patterns of American eel: towards a global assessment. Rev. Fish Biol. Fisheries 20:163-186.
- Verreault, G., and Dumont, P. 2003. An Estimation of American Eel Escapement from the Upper St. Lawrence River and Lake Ontario in 1996 and 1997. Amer. Fish. Soc. Symp. 33: 243-251.
- Young, J.A.M., and Koops, M.A. 2014. Recovery Potential Assessment for the American Eel (*Anguilla rostrata*) for eastern Canada: recovery potential assessment population modelling. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Res. Doc. 2013/131.

ANNEXES

Tableau 1. Terminologie des stades biologiques et résumé des caractéristiques de l'anguille d'Amérique, dont la taille, la durée et l'habitat correspondant à chaque stade.

Stade biologique	Caractéristiques	Taille (longueur totale)	Durée du stade biologique	Habitat auquel le stade est associé
Anguille argentée (géniteurs)	Stade qui ne s'alimente pas. Aucun relevé existant des géniteurs.	Variable (30 à > 100 cm)	Frai; de février à avril; meurt après.	Mer des Sargasses
Oeuf	Stade pélagique	< 1 mm (à partir de la maturation artificielle de l'anguille européenne)	Incubation de février à avril; le stade d'oeuf dure 2 ou 3 jours seulement	Pélagique dans la mer des Sargasses; salin
Leptocéphale	Stade larvaire, corps comprimé latéralement, ressemblant à une feuille de saule; possiblement phase d'alimentation	4 mm ou moins à l'éclosion, jusqu'à 50 mm à la métamorphose	Après l'éclosion; de quelques mois à une année	Ouest de l'océan Atlantique; salin
Civelle transparente	Stade postmétamorphose; corps serpentiforme allongé	De 50 à 65 mm	Jusqu'à 2 mois	Eaux continentales; salin
Civelle pigmentée	Corps de plus en plus pigmenté à l'arrivée dans les eaux côtières	De 50 à 100 mm	De 3 à 12 mois (COSEPAC 2012)	Eaux côtières salines, saumâtres, douces
Anguille jaune	Principal stade de croissance de l'anguille d'Amérique (juvénile); différenciation sexuelle	De 10 à > 100 cm	Quelques années à plus de 30 ans	Benthique, eaux douces, saumâtres ou salines dans les zones côtières
Anguille argentée (en migration)	Maturation; arrêt de l'alimentation; migration	De 30 à > 100 cm	Moins de 1 an	Migration depuis les eaux douces, saumâtres ou salines des zones côtières aux eaux entièrement salines de l'océan Atlantique

Tableau 2. Résumé des associations concernant les habitats connus de l'anguille d'Amérique. Les références concernant les caractéristiques, les fonctions et les paramètres figurent dans la partie du document portant sur la description des habitats de l'anguille d'Amérique selon le stade biologique.

Stade biologique	Fonction	Caractéristiques	Lieu	Paramètres	Caractéristiques
Anguille argentée (frai)	Frai; de février à avril	Mer des Sargasses, environ 19.2° N à 29° N et 52° O à 79° O	Marin	Température	> 18 à 23° C
				Profondeur	Partie supérieure de la colonne d'eau (300 m)
				Salinité	Jusqu'à 36,6
Oeuf	Incubation de février à avril; le stade d'oeuf dure 2 ou 3 jours seulement	Mer des Sargasses, environ 19.2° N à 29° N et 52° O à 79° O	Marin	Température	Aucune donnée; éclosion à 20° C en laboratoire
				Profondeur	Aucune donnée; à partir des profondeurs du frai et du leptocéphale, probablement dans la partie supérieure de la colonne d'eau (300 m)
				Salinité	Jusqu'à 36,6
Leptocéphale	Développement précoce, dispersion et migration initiales; de quelques mois à 1 an	Haute mer, courants dominants (p. ex., Gulf Stream)	Marin	Température	Variable
				Profondeur	Partie supérieure de la colonne d'eau (350 m); migrations verticales journalières; leptocéphales en eau peu profonde (50 à 100 m) la nuit
				Salinité	Variable; intervalle de salinité du Gulf Stream
Civelle transparente / civelle pigmentée	Dispersion et croissance initiale; dure quelques mois et commence plus tôt dans la partie sud de l'aire	En haute mer au début; migration vers les habitats estuariens, dulcicoles et côtiers à proximité du rivage	Marin	Température	Variable; peut descendre jusqu'à 5° C dans certaines zones
				Profondeur	Variable, jusqu'à la profondeur du plateau continental
				Salinité	Variable, jusqu'à la salinité maximale (36,6)
			Estuarien	Température	Variable, tolérance élevée
				Salinité	Variable, tolérance élevée, de la salinité maximale jusqu'à l'eau douce
				Substrat	Grossier (espaces interstitiels) ou mou (enfouissement) favorisant la protection contre les marées et les courants

Stade biologique	Fonction	Caractéristiques	Lieu	Paramètres	Caractéristiques
			Dulcicole	Cycle journalier et lunaire	Au début, photoactisme négatif avec décroissance progressive de la réaction
				Température	10 à 20 °C; montaison essentiellement à l'intérieur de ces extrêmes
				Substrat	Grossier (espaces interstitiels) ou mou (enfouissement) favorisant la protection contre les marées et les courants
				Vitesse	De < 25 à 35 cm/s; dans les grandes migrations, vitesse moindre
Anguille jaune	Principal stade de croissance et dispersion continue; de quelques années à plus de 25 ans	Habitats estuariens, dulcicoles et côtiers à proximité du rivage (ruisseaux, rivières et lacs); preuves de migration entre les divers types d'habitat	Marin	Température	Variable, selon la région géographique
				Profondeur	Variable; prises à plus de 100 m de profondeur
				Salinité	Variable, tolérance élevée
			Estuarien	Température	Tolérance (0 à 31°C); activité limitée ou torpeur en deçà de 4 °C
				Profondeur	Variable; prises à plus de 25 m de profondeur
				Salinité	Variable, tolérance élevée
				Substrat	Variable; préférence probable pour les substrats mous
			Dulcicole	Température	Tolérance élevée (0 à 31°C); activité limitée ou torpeur en deçà de 8 °C; préférence pour 17 à 20 °C; croissance optimale à 28 °C
				Profondeur	Variable à l'échelle de l'espèce; majorité entre 1 et 10 m
				Substrat	Variable; dépend de la taille du corps
				Vitesse	Variable
				Oxygène	Préférence > 4 mg/L ⁻¹

Stade biologique	Fonction	Caractéristiques	Lieu	Paramètres	Caractéristiques
Anguille argentée (en migration)	Migration aux lieux de frai, surtout en automne	Au début, depuis les lieux de croissance de l'anguille jaune (dulcicoles, estuariens et marins), puis vers haute mer	Dulcicole	Température	Variable; de 10 à 20 °C
				Profondeur	Variable
				Cycle journalier et lunaire	Surtout la nuit; activité accrue à la nouvelle lune
				Vitesse	Variable; débit élevé possiblement propice à la migration
			Estuarien	Température	Variable; 10 à 17 °C
				Profondeur	Variable
				Cycle journalier et lunaire	Amorce en début de soirée; migration surtout la nuit
				Substrat	Utilisation possible de substrats protecteurs de fond à marée montante
			Marin	Température	8 à 12 °C au début; grimpe au gré de la migration vers le sud
				Profondeur	Variable; de 9 à 82 m selon les relevés; augmente au gré des déplacements au large Signes de migrations verticales journalières chez l'anguille européenne; partie supérieure (250 m) la nuit et plus bas que 500 m le jour

CE RAPPORT EST DISPONIBLE AUPRÈS DU :

Secrétariat canadien de consultation scientifique
Région de la capitale nationale
Pêches et Océans Canada
200, rue Kent
Ottawa (Ontario) K1A 0E6

Téléphone : 613-990-0293

Courriel : csas-sccs@dfo-mpo.gc.ca

Adresse Internet : www.dfo-mpo.gc.ca/csas-sccs/

ISSN 1919-5117

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada, 2014



La présente publication doit être citée comme suit :

MPO. 2014. Évaluation du potentiel de rétablissement de l'anguille d'Amérique
(*Anguilla rostrata*) dans l'est du Canada. Secr. can. de consult. sci. du MPO, Avis sci.
2013/078.

Also available in English :

DFO. 2014. *Recovery potential assessment of American Eel (Anguilla rostrata) in eastern
Canada. DFO Can. Sci. Advis. Sec. Sci. Advis. Rep. 2013/078.*